



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

IRRIGANTES EM ENDODONTIA

Trabalho submetido por

Amel Gargouri

Para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Junho de 2019



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

IRRIGANTES EM ENDODONTIA

Trabalho submetido por

Amel Gargouri

Para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por

Prof. Doutor Ignacio Barbero

Junho de 2019

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, o Ali Gargouri e a Raja Gargouri por tudo o que me ensinaram, pelos valores que me transmitiram e por estar sempre presente

As minhas duas irmãs Rania e Zeineb e o meu sobrinho Harouna, por todo o apoio e força que sempre me transmitiram durante este longo caminho

A Ismail dedico esta tese, desejando-lhe toda a felicidade.

A Nadia, minha querida professora de Português, por tudo que ela me ensinou e por sua preciosa ajuda.

AGRADECIMENTOS

Manifesto a minha gratidão ao meu orientador de tese o Prof. Doutor Ignacio Barbero e ao meu co-orientador o Prof. Doutor Paulo Mauricio pelo tempo, pela disponibilidade, pela crítica, pelos conselhos e sobretudo o meu muito obrigado pela perseverança e pela paciência.

Ao Prof. Doutor José João Mendes e todos os Professores da universidade de Egas Moniz que me acompanharam durante este percurso académico e ajudaram ao meu desenvolvimento pessoal e profissional, assim como a todos os meus colegas de curso especialmente o meu binómio Malek que percorreu este caminho ao meu lado.

Em memória do Professor Doutor Martins dos Santos.

RESUMO

O sucesso de um tratamento endodôntico depende de um adequado preparo químico mecânico dos canais radiculares. As soluções irrigantes desempenham um papel essencial no preparo químico. Dada a ausência de uma única solução '*Gold Standard*' que reúna o conjunto das características ideais, deve-se escolher uma utilização alternada e complementar das soluções para potencializar os seus efeitos. Tais como, atividade antimicrobiana, dissolução do tecido pulpar, e obviamente remoção de *smear layer*.

É essencial perceber as interações que ocorrem entre essas soluções irrigadoras, as diferentes vantagens e desvantagens, e de que modo isso afeta o preparo químico da superfície dentinária. Também é crucial garantir que essas soluções sejam ativadas pelo sistema adequado para maximizar os seus efeitos. Hoje em dia, existem vários sistemas de irrigação disponíveis que várias técnicas manuais ou assistidas por máquinas.

Assim, com o presente trabalho, pretende-se realizar uma revisão bibliográfica sobre os diversos irrigantes e sistemas auxiliares de irrigação, que se encontram associados à desinfecção endodôntica.

Palavras-Chave : Canal irrigant AND Endodontic, irrigantes, terapia de canal radicular, Hipoclorito de Sódio

ABSTRACT

The success of an endodontic treatment depends on adequate mechanical chemical preparation of the root canals. Irrigating solutions play an essential role in chemical preparation. Given the absence of a single 'Gold Standard' solution that meets all the ideal features, an alternate and complete use of the solutions should be chosen to enhance their effects. Such as antimicrobial activity, pulp tissue dissolution, and obviously smear layer removal.

It is essential to understand the interactions that occur between these irrigating solutions, the different advantages and disadvantages, and how this affects the chemical preparation of the dentin surface. It is also crucial to ensure that these solutions are activated by the right system to maximize their effects. Nowadays, there are several irrigation systems available that various manual or machine assisted techniques.

Thus, the present work intends to carry out a literature review on the various irrigants and auxiliary irrigation systems, which are associated with endodontic disinfection.

Keywords: Irrigant AND Endodontic Canal, irrigants, root canal therapy, Sodium Hypochlorite

Índice Geral

I. Introdução	11
II. Metodologia da pesquisa bibliográfica	13
III. Desenvolvimento	15
<i>1- Características ideais das soluções irrigantes</i>	<i>15</i>
<i>2- Irrigantes mais usados em Endodontia</i>	<i>15</i>
2.1- Hipoclorito de sódio (Clona)	15
2.1.1- História do hipoclorito de sódio	15
2.1.2- Mecanismo de ação	16
2.1.3- Vantagens e Desvantagens	16
2.1.3.1. Vantagens.....	16
2.1.3.2- Desvantagens.....	17
2.2-Clorexidina.....	18
2.2.1- História de Clorexidina	18
2.2.2- Mecanismo de ação	18
2.2.3-Vantagens e Desvantagens	19
2.2.3.1-Vantagens	19
2.2.3.2-Desvantagens.....	21
2.3-Ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA)	21
2.3.1- História da EDTA	21
2.3.2- Mecanismo de ação	21
2.3.3-Vantagens e Desvantagens	21
2.3.3.1-Vantagens	21
2.3.3.2-Desvantagens.....	23
2.4-Ácido cítrico.....	24
2.5-MTAD.....	24
2.6-Novas Soluções.....	25
<i>3- Sistemas auxiliares de irrigação em Endodontia</i>	<i>27</i>
3.1-Irrigação Manual com Seringa e Agulha	27
3.2-Irrigação Dinâmica Manual	28
3.3-Irrigação Ultrassónica Passiva	29
3.5-Endo Activator	31

3.6-EndoVac.....	32
<i>4- Associações entre Irrigantes Endodônticos</i>	<i>35</i>
4.1-Associação entre Hipoclorito de sódio e Clorexidina.....	35
4.2 Associação entre Hipoclorito de Sódio e EDTA.....	36
4.3-Associação entre EDTA e Clorexidina	38
4.4-Protocolo Atual de irrigação	39
<i>5- Comparação de efetividade dos Sistemas Auxiliares de Irrigação</i>	<i>41</i>
5.1. Comparação entre diferentes tipos de Agulhas	41
5.2. EndoVac VS Irrigação manual com Seringa e Agulha	42
5.3-EndoVac VS Endo Activator	44
5.4-PUI vs. Irrigação convencional.....	45
5.5-PUI vs. EndoVac.....	46
5.6-PUI vs. Endo Activator	48
5.7-Novas abordagens	49
5.7.1-Self Adjusting Files (SAF).....	49
5.7.2-Laser	51
5.7.3-Gentle Wave (GW).....	53
IV. Conclusão.....	57
V. Referências bibliográficas.....	59

Índice de Figuras

Figura 1 : Componentes essenciais de qualquer irrigação por pressão positiva (Darcey, Jawad, Taylor, Roudsari, & Hunter, 2016)	28
Figura 2: Agitação manual de GP dentro no canal (Darcey et al., 2016).....	29
Figura 3: Técnica de Irrigação Ultrassónica Passiva (Darcey et al., 2016).....	31
Figura 4: Componentes de sistema Endo Activator (Darcey et al., 2016)	32
Figura 5: A : ponta do EndoActivator B : movimento sónico da ponta. Adaptada de Haapsalo et al., (2010).....	32
Figura 6: Componentes do sistema EnoVac (Adaptado de Dentaltix, s.d.)	33
Figura 7: Cânula de aspiração inserida no canal compressão negativa (Darcey et al., 2016)	34
Figura 8: Classificação dos diferentes técnicas de ativação das soluções irrigantes. Adaptada de Guet al., (2009).....	35
Figura 9: Formação de um precipitado castanho alaranjado após a mistura de CHX com hipoclorito de sódio. (Gusiyska et al., 2016)	36
Figura 10: A: grupo com apenas EDTA (terço médio). B : grupo com EDTA+ NaOCl (terço médio).C : grupo com apenas EDTA (terço apical). D : grupo com EDTA + NaOCl (terço apical) (Cardoso et al, 2019)	38
Figura 11: A : Parede do canal após remoção da camada de Smear Layer apenas por EDTA. B : Erosão excessiva da dentina no canal causada por o uso do NaOCl após o EDTA (Cardoso et al, 2019).....	38
Figura 12: Precipitado branco formado após interação do EDTA com CHX. (Haapasalo et al, 2010).....	39
Figura 13: Diferentes protocolos de irrigação. Adaptado de Basrani e Haapsalo (2013)	40
Figura 14: 6 agulhas diferentes, 30G, (A, B, C) Agulhas com final aberto: (A) Achatada, (B) Com bisel, (C) Com fenda, (D, E, F) Agulhas com final fechado: (D) Ventilada de lado, (E) Ventilada em dois lados e (F) multi-ventilada (orifícios) (Boutsioukiset al, 2010).....	41
Figura 15: Visualização da trajetória de partículas da solução de irrigação em 3D. (Boutsioukis et al, 2010).....	42
Figura 16: Micrografias eletrônicas da remoção de smear layer no grupo A (Endoactivator) e grupo B (Endovac) dos terços coronal, médio e apical. Adaptado de (Suman et al, 2017).....	45

Figura 17: Fotografias digitais mostrando extrusão apical de NaOCl na técnica de irrigação PUI e na técnica convencional. (İriboz, Bayraktar, Türkaydın, & Tarçın, 2015)	46
Figura 18: Distribuição da tensão de cisalhamento na parede do canal radicular, mostrando, sucessivamente, uma distribuição quase ausente para o Endo Vac e uma distribuição muito mais alta para a PUI. (Chen et al, 2014).	47
Figura 19: Amostras microscópicas eletrônicas representativas da remoção de smear layer no terço coronal (I+L) terço médio (H+K) e terço apical (G+J) depois uma irrigação com EV e ultassons (Karade et al, 2017).	48
Figura 20: Imagens representativas das paredes do canal radicular mostrando detritos e túbulos abertos após o uso de grupos EA (EndoActivator) , US (Ultrassónica) ou controle (Kanter et al, 2011).	48
Figura 21: O Self-Adjusting File (SAF) (Leonardo & Leonardo, 2012).	50
Figura 22: Lima de Ni-Ti de SAF flexível (a) e oca (b) (Metzger, 2014).	50
Figura 23: Adaptação da lima de NiTi no canal radicular (Trinathtangutoori et al, 2018)	51
Figura 24: Fibra ótica de laser Er :YAG. (Reza et al, 2013)	52
Figura 25: O sistema Gentle Wave (GW) (Darcey et al, 2016)	54
Figura 26: Representação diagramática do sistema GW : irrigante é pulverizado no sistema de canais a partir de uma peça de mão colocada na coroa do dente (Darcey et al, 2016).	55

Lista de abreviaturas

CHX	: Clorhexidina
CT	: Comprimento de trabalho
EDTA	: Ácido etileno diaminotetraacético
HOCl-	: Ácido hipocloroso
NaOCl	: Hipoclorito de sódio
PUI	: Irrigação passiva ultrasónica
UI	: Instrumentação ultrasónica
SAF	: Self Adjusting Files
IDM	: Irrigação dinâmica manual
EA	: EndoActivator
EV	: EndoVac
YAG	: Yttrium Aluminium Garnet
HOCl-	: Ácido hipocloroso

I. Introdução

O tratamento endodôntico tem como principal objetivo manter o dente em função no sistema estomatognático, sem prejudicar a saúde do paciente.

O sucesso deste tratamento baseia-se na desinfecção e instrumentação do sistema tridimensional dos canais radiculares.

Apesar da instrumentação mecânica reduzir o número de microrganismos, isso gera uma camada de resíduos orgânicos e inorgânicos nas paredes dos canais radiculares conhecida como *Smear Layer*. (Mahant, 2014)

Desta forma, são necessárias outras substâncias que eliminem a *Smear Layer* para que a infiltração dos irrigantes endodônticos seja mais eficaz. (Tucel et al, 2015)

A morfologia do canal radicular é muito complicada e a preparação mecânica sozinha não é suficiente para desinfetar os canais acessórios, por isso é muito importante associar uma substância química auxiliar. (Darcey, Jawad, Taylor, Roudsari, & Hunter, 2016a)

Irrigação é então uma parte importante para o sucesso do tratamento durante e depois da instrumentação pois as soluções de irrigação facilitam a morte dos microrganismos, a remoção da *smear layer*, e dissolução de matéria orgânica no canal radicular. (Vallabhaneni et al, 2017)

As soluções irrigadoras devem então apresentar alguns requisitos fundamentais de elevada importância, no entanto nenhuma consegue reunir todas as exigências ao mesmo tempo. Baixa tensão superficial, baixa viscosidade, atividade de dissolução tecidual, atividade antimicrobiana,

atividade quelante, atividade lubrificante e suspensão de detritos são alguns desses requisitos. (Chubb, 2019)

O hipoclorito de sódio é a solução irrigadora mais usada na área endodôntica, os outros irrigantes mais comuns são o EDTA e gluconato de clorhexidina (CHX), hoje em dia

existe novas alternativas naturais para desinfecção do canal radicular. (Divia, Nair, Varughese, & Kurien, 2018)

Assim, é fundamental que o profissional tenha conhecimento das especificações químicas das soluções irrigantes, de forma a escolher as mesmas da melhor maneira possível com a técnica de irrigação mais adequada.

A irrigação manual por pressão positiva, com uma seringa convencional e agulha com saída lateral é a técnica mais usada. Contudo, existem dispositivos mecanizados e bastante eficientes, como a irrigação sônica e ultrassônica. (Moreira, Pinto, Galo, Falci, & Mesquita, 2019)

Deste modo, a presente tese focará diversos tópicos relacionados com o tema da mesma, *Irrigantes em Endodontia*, iniciando com uma breve referência aos materiais e métodos utilizados nesta pesquisa. Será, de seguida, não apenas, realçados os irrigantes mais usados mas também quais são as novas tendências e tecnologias na área endodôntica.

II. Metodologia da pesquisa bibliográfica

O presente trabalho tem como objetivo principal elaborar uma revisão bibliográfica relativa às soluções irrigadoras utilizadas em Endodontia e os seus efeitos na estrutura do canal radicular, abordando também a associação entre as mesmas. Esta revisão pretende descrever os vários sistemas de irrigação endodôntica, analisando as vantagens e desvantagens de cada um. O objetivo final é de saber quais são os mais eficazes e seguros.

Para tal, foram seleccionados alguns motores de busca, como *Pubmed*, Biblioteca do Conhecimento Online, mais conhecida por *B-On*, Google Scholar. As pesquisas foram realizadas utilizando palavras-chave que permitissem alcançar os artigos mais específicos e objetivos, ou seja, foram utilizadas palavras como

“irrigant solution” OR “chelating agent in endodontics” AND “irrigant agitation technique” OR “surfactant in endodontics” “endodontic disinfection”, “hipoclorito de sódio”, “clorexidina”, “EDTA”, “MTAD”, “ácido cítrico”, “citric acid”, “QMix”, “tratamento endodôntico”, “smear layer”, “endoactivator”, “endovac” e “irrigation needles” e “Gentle Wave”.

Assim temos como estratégia de pesquisa Pesquisa 1 : Endodontic irrigants

- Chlorhexidine
- Sodium hypochlorite
- EDTA
- MTAD

Pesquisa 2: Endodontic Irrigation Auxiliary Systems

- Syringes and needles
- Gutta-percha Points
- Ultrasonic Irrigation
- EndoActivator
- EndoVac

Pesquisa 3 :

Irrigantes em endodontia

- Comparison between irrigation products.
- Combination of irrigation products.
- Interactions between irrigaton products.

As pesquisas referidas foram efetuadas entre janeiro de 2019 e junho de 2019, tendo sido consultados 120 artigos e selecionados 98, dos últimos 15 anos escritos em Português, Inglês e Francês publicados entre 2003 e 2019.

Foram também utilizadas as bibliotecas da Faculdade de Medicina Dentária de Egas Moniz de Lisboa em vista a utilização de livros específicos á área de Endodontia.

III. Desenvolvimento

1- Características ideais das soluções irrigantes

A irrigação endodôntica desempenha um papel essencial, de fato, o uso de uma solução química auxiliar é fulcral na remoção de microrganismos durante a preparação dos canais, uma vez que, devido a forma complexa do canal radicular, o preparo mecânico não é capaz de, por si só, realizar uma remoção completa. (Gatelli & Bortolini, 2014)

Por isso, uma solução irrigadora requer certas características importantes :

- Lubrificação
- Biocompatibilidade com os tecidos perirradiculares
- Dissolução tecidual
- Baixa tensão superficial
- Eliminação de lipopolissacarídeos
- Remoção da smear-layer. (Domingos Neris, Franzoni Arruda, Mageste Duque, Domingos Neris, & Sayuri Narimatsu Galindo, 2015)

Hoje em dia, não existe uma solução que reúne todas estas características.

2- Irrigantes mais usados em Endodontia

2.1- Hipoclorito de sódio (Clona)

2.1.1- História do hipoclorito de sódio (NaOCl)

O NaOCl foi descoberto pela primeira vez em 1792 na França, quando foi produzido por Berthollet e reconhecido como a Água de Javel, tal solução era composta de hipoclorito de potássio. (Esteves & Froes, 2013)

Depois, foi indicado pela primeira vez como uma solução antisséptica por Dakin, em 1919, para a desinfecção de feridas dos soldados da Primeira Guerra Mundial. (Esteves & Froes, 2013)

Hoje em dia, o NaOCl é mundialmente, o irrigante mais utilizado durante um tratamento endodôntico.

2.1.2- Mecanismo de ação

Quando NaOCl é adicionado à água, a seguinte reação ocorre: $\text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{HOCl}$ (hypochlorous acid) (Mahant, 2014). Uma vez em contacto com os materiais orgânicos, o NaOCl participa em diversas reações químicas, entre as quais : a reação de saponificação, a reação de neutralização de aminoácidos e finalmente a reação de cloraminação. (Mahant, 2014)

2.1.2.1. Reação de saponificação

O NaOCl atua neste reação como um solvente e pode , então degradar os ácidos gordos transformando-os em sabão e álcool, o que vai diminuir a tensão superficial.(Simon & Pertot, 2015).

2.1.2.2. Reação de neutralização

O hipoclorito NaOCl neutraliza aminoácidos e depois forma um sal e água. A liberação dos íons H^+ leva a uma diminuição do pH o que tem efeito sobre a integridade da membrana citoplasmática. (Simon & Pertot, 2015)

2.1.2.3. Reação cloraminação

O ácido HOCl- em contacto com os tecidos atua como solvente e libera cloro, este último combina-se com o (-NH-), o grupo amino das proteínas, libertando H^+ e formando então a cloramina. O ácido hipoclorídrico e os iões hipoclorito provocam à hidrólise dos aminoácidos. (Simon & Pertot, 2015)

O NaOCl é comumente usado em concentrações entre 0,5% e 6%.

No entanto, in vivo, a presença de biofilme e material orgânico reduz a eficácia do NaOCl. Portanto, uma mudança contínua de NaOCl e maior concentração parece ter mais efeito no biofilm; mas, poderia expor o paciente para mais efeitos colaterais. (Dioguardi et al, 2018)

2.1.3- Vantagens e Desvantagens

2.1.3.1. Vantagens

* O hipoclorito de sódio tem o vantagem de associar uma atividade antimicrobiana devida a seu pH elevado (11.8) e uma capacidade de dissolução tecidual, tecido

orgânico vital e necrótico. Esta atividade antimicrobiana ocorre porque durante a reação de cloroaminação há formação de cloroaminas, como já foi mencionado que interferem no metabolismo celular. O cloro, considerado um oxidante forte, apresenta ação antimicrobiana através da inibição das enzimas bacterianas essenciais. (Wright, Kahler, & Walsh, 2017).

* Além disso, esta atividade antimicrobiana tem um largo espectro, visto que o hipoclorito de sódio é eficaz em bactérias, leveduras, vírus e esporos. (Da Sial, 2016)

É eficaz sobre *E. faecalis* que é uma espécie comumente isolada da periodontite apical persistente, ademais é um microorganismo que pode tolerar condições extremas (Borzini et al, 2016).

A atividade solvente do NaOCl depende, da quantidade de tecido orgânico em relação à quantidade de solução NaOCl, da frequência da agitação dela e da superfície que deve ser dissolvida (Esteves & Froes, 2013).

2.1.3.2- Desvantagens

Em relação à potencialização dos efeitos antimicrobianos do hipoclorito de sódio, alguns autores avaliaram o aumento da temperatura dessas soluções, como Mahant Rajesh, no seu trabalho afirma que a capacidade de NaOCl a 1% a 45° C para dissolver as polpas dentárias, era igual a uma solução a 5,25% a 20° C (Mahant, 2014).

O aumento da concentração pode ser também um potencializador dos efeitos, de fato foi referido num trabalho feito por Soares et al, que quanto maior é a concentração da solução de NaOCl, maior é a sua capacidade de neutralização de conteúdos presentes no interior do canal e de dissolução tecidual, infelizmente, quanto maior foi essa concentração, maior também será o efeito agressivo quando em contato com os tecidos perirradiculares devido ao seu potencial citotóxico, desde que ele pertence ao grupo dos compostos halogenados, sendo essa biotoxicidade a principal desvantagem do uso de NaOCl em endodontia (Soares et al, 2007).

Um outra desvantagem do hipoclorito de sódio é sua alta tensão superficial (48,90 MJ / m²), o que vai limitar a penetração do NaOCl nas irregularidades do canal e dentro dos túbulos dentinários, diminuindo a qualidade desta solução (Almeida et al, 2013).

O NaOCl tem sido criticado também pelo seu sabor desagradável, e pela sua incapacidade de remoção da *Smear Layer*, porque ele não apresenta uma ação quelante.

2.2-Clorexidina

2.2.1- História de Clorexidina

A clorexidina foi introduzida pela primeira vez no final da década de 40 e teve como objetivo de encontrar um agente anti-malária. Em medicina dentária a clorexidina só apareceu em 1959 como uma substância segura contra a placa bacteriana (Palma Almeida, Mageste Duque & De Carvalho Marion, 2014).

Atualmente, a CHX faz parte dos antissépticos mais utilizados numa terapia endodôntica, sendo muito eficaz em múltiplas áreas da odontologia como, por exemplo, na prevenção de cáries, no controlo da placa bacteriana, na gengivite, nos procedimentos cirúrgicos orais, no tratamento da estomatite aftosa recorrente e certamente no tratamento endodôntico (Palma Almeida et al., 2014).

2.2.2- Mecanismo de ação

CHX é um bis-guanido catiônico sintético que consiste em dois anéis de 4-clorofenila simétricos e dois grupos de biguanida conectados por cadeias de hexametileno centrais (Gomes et al, 2013).

CHX é uma molécula hidrofóbica e lipofílica positivamente carregada que interage com os grupos fosfato carregados negativamente na paredes celulares microbianas alterando assim o equilíbrio osmótico da célula bacteriana e permitindo depois a entrada do irrigante (Mahant, 2014).

Na prática odontológica, a CHX é encontrada na forma de digluconato clorexidina em concentrações que variam de 0,2% a 2% (Gomes et al, 2013).

Dependo desta concentração, o seu efeito pode ser bactericida ou bacteriostático :

Para altas concentrações (acima de 2%) a CHX é bactericida e permite a precipitação do conteúdo citoplasmático, enquanto que para concentrações (cerca de 0,2%), a sua efeito é bacteriostático, inibe a função da membrana, sendo o seu efeito mantido por várias horas depois da aplicação (Palma Almeida et al, 2014).

Para fins endodônticos, o CHX pode ser usado em líquidos ou em uma apresentação de gel. Alguns estudos indicaram que o gel de 2% de CHX tem um desempenho ligeiramente melhor do que o líquido a 2% de CHX. (Mahant, 2014).

2.2.3-Vantagens e Desvantagens

2.2.3.1-Vantagens

- **Atividade antimicrobiana**

A clorexidina tem o vasta vantagem de possuir um amplo espectro de atividade antimicrobiana, tanto em bactérias aeróbias e anaeróbias, e ainda em gram-positivas e gram-negativas anaeróbios facultativos e rígidos e mesmo sobre *E. facealis*.

Para melhorar esta atividade antimicrobiana um estudo recente e interessante de Frougheryani e al propõe aplicar uma corrente elétrica para melhorar o efeito da CHX sobre as bactérias e foi provado que o uso de corrente elétrica no grupo com 2% de CHX resultou em uma diminuição nas colônias bacterianas, que foi significativamente maior do que no grupo com 2% de CHX sem corrente elétrica (Froughreyhani, Salemmilani, Mozafari & Hosein-Soroush, 2018).

Num outro trabalho de Salgado foi relatado que a eficácia do NaOCl e a CHX gel ou solução sobre as bactérias são semelhantes em concentrações idênticas (Salgado, 2018).

- **Ação antifúngica**

A CHX tem tambem uma ação antifúngica sobre os fungos, ou levedura especialmente os *Candida Albicans* (Ndiaye et al, 2016).

Varios estudos mostram que lesões peri radiculares redcidivantes, estão associadas ao uso de uma substancia irrigadora ou medicamento, que não possua a propriedade antifúngica.

Num estudo de Delgado e al que investigou a eficácia do gel de hidróxido de cálcio e clorexidina na eliminação de *Candida albicans* intratubular os resultados mostraram que a clorexidina com e sem Ca (OH) 2 aumenta significativamente o efeito antifúngico atividade contra *C. albicans* em comparação com os grupos tratados com somente Ca (OH) 2 (Jacques Rezende Delgado et al, 2013).

- **Substantividade**

Uma outra vantagem da CHX é sua substantividade que consiste no fato dela permanecer ativa no local de ação após terminar o seu uso, o tempo de permanência é aproximadamente de 13 horas (Palma Almeida et al, 2014).

Esta substantividade é muito importante porque até hoje, entre as várias irrigantes, apenas a CHX e a tetraciclina possuem essa capacidade de se ligar à hidroxiapatite do esmalte ou da dentina, permitindo, desta forma, um período de atuação prolongado.

Em relação ao tempo, há uma variação de 48 horas até 12 semanas. (Palma Almeida et al, 2014)

De acordo com Mahendra et al, (2014) a substantividade é diretamente proporcional à sua concentração, sendo que a CHX a 2% apresentou maior atividade antimicrobiana após 72 horas, quando comparada em concentrações de 1% e 0,1%, num estudo realizado pelos mesmos autores (Mahendra, Koul, Upadhyay & Dwivedi, 2014).

Num trabalho de Pinheiro a clorexidina reduziu as contagens bacterianas em 98,31% após a instrumentação, provavelmente devido à sua capacidade de adsorção à dentina (Pinheiro et al, 2018).

- Ação reológica

Esta ação é exclusiva da clorexidina gel, em manter os detritos em suspensão. De fato, durante a instrumentação num tratamento endodontico, os resíduos de matéria orgânica e inorgânica que se soltam das paredes, se acumulam na massa amorfa do gel, de maneira a ficar em suspensão, e a tornar mais fácil de serem removidas com a irrigação com soro. Esse processo impede o depósito desses nas paredes do canal, diminuindo assim a formação da smear layer (Palma Almeida et al., 2014).

Outro ponto forte da CHX gel é a lubrificação das paredes do canal radicular, o que reduz o atrito entre a lima e a dentina superfície, para facilitar a instrumentação e diminuir os riscos de quebra de instrumento dentro do canal (Gomes et al, 2013).

- Biotoxicidade

A clorhexidina tem uma baixa toxicidade tecidular tanto a 0.12% como a 2%. Mesmo quando é utilizada como irritante sub gengival ela não apresenta toxicidade e são poucos os casos descritos de reações alérgicas. (Palma Almeida et al., 2014).

- Toxicologia

A CHX tem uma baixa biotoxicidade tanto a 0.12% como a 2%. Mesmo quando usada como irrigante sub gengival a CHX não apresenta toxicidade e são poucos os casos descritos de reações alérgicas.

2.2.3.2-Desvantagens

A CHX não possui a capacidade de dissolver substâncias orgânicas e tecido necrosado presente no SCR, bem como não usufrui da propriedade de eliminação da *Smear Layer*.

No entanto, a sua baixa citotoxicidade para os tecidos periapicais e a ausência de mau cheiro e sabor desagradável podem ser consideradas vantagens quando em comparação com o NaOCl. (Gomes et al, 2013)

2.3-Ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA)

2.3.1- Historia do EDTA

O EDTA era utilizado a partir de 1957, quando Otsby sugeriu o uso dela para a instrumentação de canais radiculares atresados.

A partir da sua pesquisa clínica, concluiu que este facilita o alargamento do canal radicular e tem uma ação quelante e com propriedades lubrificantes. Por isso, hoje em dia o EDTA é amplamente utilizado em endodontia.

2.3.2- Mecanismo de ação

O EDTA é um ácido sintetizado a partir de etilenodiamina, formaldeído e cianido de sódio. Tem esta fórmula química: $C_{10}H_{16}N_2O_8$.

A sua ação quelante deve-se ao poder de sequestrar de íons metálicos como o cálcio. O EDTA vai incorporar o cálcio através de ligações bivalentes de oxigénio, fechando numa cadeia heterocíclica. Esta reação de quelação, provoca assim a quebra constante de solubilidade da dentina, sendo o EDTA responsável pela remoção da porção inorgânica da *Smear Layer* (Mello, Kammerer, Yoshimoto, Macedo & Antoniazzi, 2010).

Esta atividade promove a penetração na parede do canal que varia entre 20µm após cinco minutos a 50µm após 24 a 48 horas.

A solução de EDTA normalmente usada em endodontia tem uma de uma concentração de 17% e um pH entre 7 e 8,5 (Biel et al, 2017).

2.3.3-Vantagens e Desvantagens

2.3.3.1-Vantagens

- Remoção da *Smear Layer*

A *Smear Layer* nos canais radiculares compreende dentina e tecido necrótico, incluindo restos de processos odontoblásticos, polpa e bactérias, ela penetra nos túbulos dentinários e diminui a permeabilidade da dentina radicular.

Assim, a *Smear Layer* atua como uma barreira física que reduz a difusão de soluções irrigantes dos canais radiculares para o interior da dentina. (Morago et al, 2016)

Tem sido usado em várias concentrações e combinações dentro dos canais. A eficiência deste irrigante depende de vários fatores, como o tempo de aplicação e a concentração da substância :

- Num trabalho de Castro et al, a irrigação de uma mesma técnica com EDTA 17% por 20 segundos ou por 60 segundos mostrou a mesma eficácia na remoção de *Smear Layer* Mas a literatura não é conclusiva acerca de efetividade do EDTA quando este é aplicado por curtos períodos de tempo no entanto, Prado et al, descobriu que 30 segundos não era uma quantidade suficiente de tempo para a remoção de *Smear Layer* (Prado, Assis & Simão, 2014).
- Outros autores propuseram que a irrigação com EDTA por 60 s promoveu uma remoção eficiente e o maior tempo de exposição pode levar a uma maior erosão da dentina (De Castro et al, 2016).
- Soluções de EDTA de uma concentração inferior aos habituais 17% foram assim propostos por Biel et al, este autor verificou que 3% de EDTA pode remover a camada de *smear layer* tão eficientemente quanto 4% de EDTA (Biel et al, 2017).

- Acção quelante

Uma solução quelante é uma solução que tem a propriedade de sequestrar os íons metálicos de um complexo molecular.

Na composição da dentina figuram os íons cálcio e o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) é um quelante específico para o íon cálcio e consequentemente para a dentina (Esteves et Froes 2013).

Portanto, devemos esperar de 10 a 15 minutos para alcançar o efeito da sua ação. De fato, uma aplicação do EDTA sobre a dentina radicular durante 5 minutos, promove uma desmineralização de 20 a 30 micrômetros; durante 15 minutos, 30 a 40 micrômetros e durante 48 horas 50 micrômetros. (Prado, Assis & Simão, 2014).

O tempo de trabalho perfeito foi de 15 minutos, um uso por um período de tempo maior, não aumentou o seu efeito, concluindo que uma renovação a cada 15 minutos deve ser feita (Esteves & Froes, 2013).

- Lubrificação

Além dessas ações, o EDTA permite, também, a lubrificação e a emulsão dos tecidos durante a instrumentação, possibilitando a preparação das paredes dentinárias, para uma melhor aderência no preenchimento com resinas adesivas.

Esta substância pode apresentar-se sob a forma de líquido ou gel.

Para a emulsão da matéria orgânica são utilizados géis, particularmente para uma fase inicial, a negociação dos canais radiculares em casos de polpa vital. (Prado, Assis & Simão, 2014).

2.3.3.2-Desvantagens

- Desmineralização inadequada do terço apical

O EDTA é mais eficaz na remoção do Calcium e do Phosphate no terço cervical e médio do que no terço apical, mantendo no entanto a sua eficácia na desobstrução dos túbulos e na remoção da *smear layer* (Gesteira, Silva, Araújo, Lenzi & Rocha, 2003).

A composição da dentina muda ao longo do canal radicular, variando da região apical para a região cervical.

EDTA é capaz de remover o conteúdo mineral e proteínas não colagénicas (PNC) da dentina, como este conteúdo em PNC é menor no terço apical, isto pode explicar a menor eficácia deste quelante nessa zona radicular (Yassen et al, 2015).

- Efeito destrutivo

Por causar erosão na dentina peritubular dos terços cervicais e médio da raiz dentinária exposta por 5 min à solução, além da sua limitada ação antibacteriana.

Esse efeito desmineralizante gera um alargamento excessivo dos túbulos dentinários, que vai amolecer a dentina e desnaturar as fibras colágenas, e vai impedir o material obturador a adaptar-se as paredes dos canais radiculares (Miranda, Marques, Landa, Leite & Leite, 2017).

Num trabalho recente, de Demirel et al, autores também relataram que o EDTA deve ser usado com cuidado devido a seu efeito potencialmente tóxico sobre o permanente subjacente germe dentário (Demirel et al., 2019a).

2.4-Ácido cítrico

O ácido cítrico ou citrato de hidrogênio de fórmula molecular $C_6H_8O_7$ é um ácido orgânico fraco e quela a dentina por meio da ligação a iões metálicos (Ca) presente nos cristais de hidroxiapatite.

Ele é utilizado com uma concentração de 1 à 10 % para eliminação de smear layer e preparação da superfície dentinaria.

No estudo de Vallabhaneni *et al*, os 6% de ácido cítrico utilizados foram considerados eficientes na remoção total da camada da *smear layer* expondo ostúbulos dentinários do que outros irrigantes, quando usado como irrigante final após instrumentação canal.

Estes resultados foram de acordo com estudos anteriores mostrando a eficácia superior de 6% de ácido cítrico do que 5,25% de NaOCl, 10% de EDTA e 2% de clorhexidina na eliminação da camada de *smear layer* nos canais radiculares (Vallabhaneni et al, 2017).

Mesmo que as soluções de ácido cítrico e de EDTA sejam eficazes para a remoção da camada de *smear layer*, ambas as soluções causam erosão da dentina e reduzem a sua microdureza, mas num recente trabalho de Demirel et al foi demonstrado que o Ácido cítrico pode ser relativamente mais seguro comparado ao EDTA e uma boa alternativa por esta última (Demirel et al, 2019).

2.5-MTAD

MTAD (Mixture of Tetracycline isomer Acid and Detergent) é um quelante constituído por:

- doxiciclina a 3%,
- ácido cítrico a 4.25%
- um detergente.

Foi descobrido por Torabinejad et al. como alternativa ao EDTA e representa uma abordagem inovadora para a eliminação simultânea da *Smear Layer* e para a desinfecção do canal radicular (Torabinejad et al, 2003)

A doxiciclina vai prolongar a actividade antimicrobiana da solução. O detergente vai aumentar e facilitar a penetração do MTAD nos túbulos dentinários. Quanto ao ácido, vai eliminar a *smear layer* (Kumar et al, 2016).

Existe possibilidade de alergia à doxiciclina.

2.6-Novas Soluções

- Q-mix

O Q-Mix é uma solução relativamente recente, 2 em 1, suposta combinar as propriedades antimicrobianas e de substantividade de Clorexidina (2%) e as propriedades de remoção da *Smear Layer* de EDTA (17%), além disso, o Q-Mix contém um detergente capaz de diminuir a tensão superficial e aumenta a molhabilidade em soluções (Gründling, Melo, Montagner, Scarparo & Vier-Pelisser, 2015).

Esta solução parece ser menos agressiva do que o NaOCl e também ser eficaz na remoção da componente inorgânica e do *smear layer* e apresenta também propriedades antimicrobianas substanciais (Taffarel et al, 2019).

A solução Q-Mix que induz a morte celular lenta aparenta ser mais biocompatível do que a solução de hipoclorito de sódio.

Num recente trabalho de Nogo-Živanović et al verificou-se que o QMix remove eficientemente a camada de *Smear Layer*, semelhante à MTAD, mas superior ao EDTA 17% no terço apical (Nogo-Živanović et al, 2019).

- Smear Clear®

Recentemente, uma nova formulação de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) foi introduzida no mercado com a marca "Smear Clear®", que contém 17% de EDTA, Cetramida e um surfactante específico. Tem maior capacidade de molhabilidade do que o EDTA convencional e tem uma maior eficácia de limpeza do que o EDTA também (Sadegh, Sohrabi, Kharazifard & Afkhami, 2017).

Dunavant *et al* e Jantararat *et al* (*cit. in* Sadegh *et al*, 2017) mostraram que Smear Clear® teve atividade antibacteriana significativa contra *Enterococcus faecalis* e teve maior eficácia para a eliminação do biofilme do que 2% de CHX.

Jantararat et al, (*cit. in* (Sadegh et al, 2017) realizaram um estudo em que compararam 3 soluções irrigadoras diferentes e a sua ação sobre a capacidade de remover a *Smear Layer*.

Demonstraram que a abertura de túbulos dentinários era maior com a utilização de Smear Clear® quando comparada com o grupo EDTA 17% onde os resultados mostraram que a maioria dos túbulos dentinários estavam abertos e uma moderada

quantidade de *smear layer* cobria a superfície dos canais e no grupo NaOCl 5.25% a maioria das paredes dos canais radiculares apresentava-se coberta de *smear layer*.

Isso mostrou uma penetração mais eficiente de Smear Clear® em comparação com os outros irrigantes utilizados no estudo (Sadegh et al, 2017).

- Vinagre de Maçã

O vinagre de maçã tem sido indicado como um agente antisséptico devido às suas propriedades medicinais; o seu uso como solução auxiliar na preparação químico-mecânica dos canais radiculares dá bons resultados em relação ao NaOCl e ao EDTA. (Borzini, Condò, De Dominicis, Casaglia & Cerroni, 2016)

É considerado um bom substituto ao EDTA em procedimentos endodônticos por possuírem capacidade de remoção da *smear layer* equivalentes e gerar menor dano ao canal radicular e é menos agressivo para a dentina (Akbulut, Guneser & Eldeniz, 2019)

- Extrato de semente de Uva

O extrato de semente de uva, pode impulsionar o metabolismo celular sem elevação de stresse oxidativo. É uma substância não tóxica (Pacheco, 2017).

Pode ser considerada como uma solução irrigante alternativa, que não afeta negativamente a dentina nas suas propriedades mecânicas (Cecchin et al, 2017).

- Água Ozonizada

O ozono (O₃) é a forma triatômica do oxigênio (O₂). É o oxigênio em seu estado mais ativo e é um oxidante extremamente potente com uma atividade antimicrobiana de amplo espectro.

Tem um alto potencial de oxidação, sendo 1,5 vezes mais efetivo que o cloreto como agente antimicrobiano contra vários microorganismos, e também pode estimular o fluxo sanguíneo e resposta imune (Anumula, Kumar, Krishna & Lakshmi, 2017).

Os benefícios do ozono na fase aquosa incluem a falta de mutagenicidade, efeitos microbicidas rápidos e facilidade de manuseio.

Os autores num recente trabalho relataram que a água ozonizada não mostra citotoxicidade e é altamente biocompatível em relação a com outros agentes antimicrobianos (Pinheiro et al, 2018).

- Quitosana

A quitosana é um polissacarídeo natural, derivado da desacetilação da quitina, pode ser obtido a partir do mundo natural, como cascas de camarão e caranguejo. Então é abundante na natureza e não é prejudicial para o ambiente em comparação com outras soluções.

Num trabalho recente de Zhou et al, quitosana foi mais eficaz na remoção da Smear Layer do que MTAD. Em consideração ao seu baixo custo de produção recomenda-se a utilização de quitosana em endodontia como irrigante (Zhou, Li, Wei, Huang & Zhao, 2018).

Num outro trabalho de Yadav et al a atividade anti bacteriana dos grupos de quitosana foi igual com 3% de NaOCl e 2% de Clorexidina (Yadav, Chaudhary, Saxena, Talwar & Yadav, 2017).

3- Sistemas auxiliares de irrigação em Endodontia

3.1-Irrigação Manual com Seringa e Agulha

Atualmente é o sistema mais usado por os médicos dentistas, desde que exige uma manipulação simples que permite um bom controlo da profundidade à qual se coloca a agulha no canal radicular e o volume de irrigante endodôntico introduzido no mesmo (Uzunoglu, Gorduysus & Gorduysus, 2015).

A ação de limpeza, depende de vários fatores como, o diâmetro da agulha, a profundidade de inserção o alargamento e conicidade do canal.

A solução de irrigação deve ser depositada passivamente, sem pressão, por isso é necessário controlar a sua força enquanto faz movimentos de vaivém, sem nunca bloquear a agulha dentro do canal (Haapasalo, Shen, Qian & Gao, 2010).

A escolha da agulha é essencial para otimizar a desinfecção do canal e deve preencher alguns critérios :

- O seu comprimento deve ser suficiente para depositar a solução de irrigação o mais próximo possível do comprimento de trabalho (o ideal é ir 2 milímetros do comprimento de trabalho).
- Seu diâmetro deve ser de 28 ou 30/100 mm e o seu calibre (gauge) 27 G ou 30 G para poder se aproximar da zona apical sem ser bloqueado.
- A agulha deve ser rígida para não se dobrar no canal ou fraturar.

- Ela também deve ter uma ponta de espuma e uma ou duas aberturas laterais para minimizar o risco de extrusão da solução além do apex e causar dor pós-operatória. (Silva et al, 2016)

As seringas utilizadas são seringas Luer Lock (ou seja, possuem sistema de bloqueio de agulha) com capacidade de 2 ou 5 mililitros (Fig 1).

Estas são seringas plásticas transparentes descartáveis. Eles são compostos de um fio luer-lock para anexar a agulha, bem como um pistão (Silva et al, 2016).

As duas principais desvantagens desta técnica são a desinfecção incompleta do terço apical, devido à complexidade do sistema de canais radiculares, pode não permitir que todas as áreas sejam totalmente desinfetadas após a irrigação e o risco de extrusão da solução além do apex. (Uzunogluet al 2015).

Os recentes estudos mostram que o efeito de *flushing* é maior se ativamos as soluções irrigantes (Chubb, 2019).

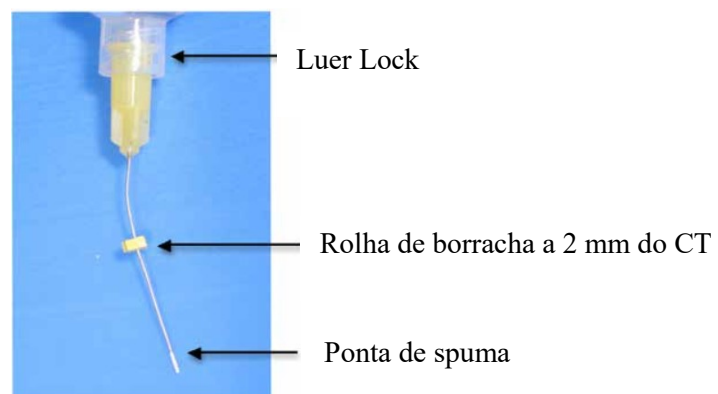


Figura 1 : Componentes essenciais de qualquer irrigação por pressão positiva (Darcey, Jawad, Taylor, Roudsari & Hunter, 2016).

3.2-Irrigação Dinâmica Manual

Esta técnica de irrigação é um protocolo simples que consiste a uma colocação do cone principal de guta-percha de maneira repetitiva ao canal previamente instrumentado.

Depois, são aplicados ao cone cerca de 100 movimentos de vaivém curtos e suaves durante 1 minuto, provocando assim um efeito hidrodinâmico e uma ativação do irrigante (Darcey et al, 2016a) (Fig2).

Desenvolvimento

Deve ser lembrado que a agitação é essencial na distribuição da solução no espaço do canal, uma vez que aumenta a eficiência antibacteriana e solvente, em comparação com a administração apenas por seringa.

Esta técnica de agitação de guta percha tem um efeito de rompimento das bolhas de ar que ficam entre 0 e 2 mm do ápice (efeito vapor lock) e causada pela digestão de resíduos orgânicos pela solução de NaOCl (Chubb, 2019).

Existe outra técnica de ativação manual com as escovas intrarradiculares, mas de acordo com uma revisão recente feita por Chubb apenas a ativação manual com guta-percha mostrou-se benéfica para ajudar os irrigantes a penetrar no terço apical (Chubb, 2019).

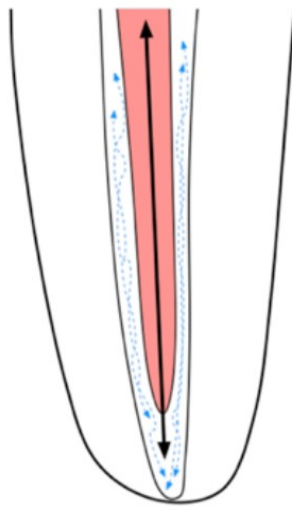


Figura 2: Agitação manual de GP dentro no canal (Darcey et al, 2016).

3.3-Irrigação Ultrassônica Passiva

Os ultrassóns foram introduzidos na terapia endodôntica pela primeira vez por Richman em 1957. A técnica de Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) envolve a ativação do irrigante para transmitir uma energia acústica ao longo de uma lima, colocada no centro de um canal radicular e o mais próximo possível da zona apical (Fig 3).

A vibração irá permitir que ao irrigante flua, e depois a aumentar a sua temperatura e a sua efetividade (Vivan et al, 2016).

Esta técnica é chamada de passiva porque o seu uso é limitado a ciclos curtos e não altera a morfologia das paredes do conduto, implica que o instrumento, uma vez dentro do canal, não toque nas paredes do mesmo (Sahar-Helft et al, 2015).

O termo “passivo” não explica adequadamente o processo uma vez que a ação é facto ativa, contudo, quando foi pela primeira vez introduzido, este termo era direccionado para a ação “*noncutting*” da lima ativada ultrassonicamente.

Quando há ativação ultrassônica, há potencial para preparar e desbridar mecanicamente canais radiculares, a irrigação ultrassônica passiva opera numa baixa amplitude, mas numa frequência alta, entre 25 e 30 kHz.

O protocolo de irrigação ultra-sônica passiva (PUI) tem sido sugerido de 3 x 20 segundos ciclos por canal e o com um movimento in-out e para este propósito, uma lima ultra-sônica fina com um diâmetro de menos de 0.2 milímetros é usada (Haupt, Meinel, Gunawardana & Hülsmann, 2019).

Num estudo *in vitro*, feito por Llena et al, as autores compararam a eficácia desta técnica na eliminação de detritos e da *smear layer* utilizando como irrigantes o NaOCl a 3% ou a CHX a 2%. O estudo permitiu concluir que a técnica de PUI promove uma maior remoção de detritos e da *smear layer* quando comparada com a técnica convencional. O NaOCl a 3% mostrou ser mais eficaz no terço médio quando agitado por PUI, mas a ação de ambas as soluções irrigadoras ativadas não mostraram diferenças no terço apical (Llena, Cuesta, Forner, Mozo & Segura, 2015).

Esta técnica serve para melhorar a qualidade do tratamento em seus vários aspetos, incluindo o acesso aos orifícios canales, a limpeza, a preparação e a obturação dos canais, eliminando os obstáculos, como os restos dentinários. As vibrações também causarão um aumento na temperatura das soluções irrigação, aumentando assim a sua eficácia. (Rodrigues et al, 2016)

Infelizmente, por vezes não é fácil de controlar o corte da dentina durante a ativação ultrassônica, o que pode causar perfurações apicais e canais de forma irregular. Posto isso, a ativação ultrassônica só deve ser utilizada após o canal estar completamente

preparado, onde a lima poderá oscilar livremente dentro do canal sem manter contacto com as paredes do mesmo.

Quanto a sua eficácia na remoção da bactéria *E. faecalis*, a literatura apresenta resultados diferentes (Rodrigues et al, 2016).

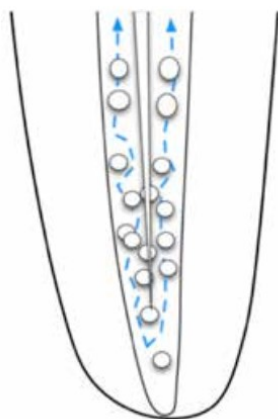


Figura 3: Técnica de Irrigação Ultrassônica Passiva (Darcey et al, 2016)

3.5-Endo Activator

O sistema EndoActivator trata-se de um sistema auxiliar de irrigação sónico. Os sistemas ultrassônicos, descritos anteriormente, têm uma vibração de alta frequência (25000 Hz) e de baixa amplitude ao contrário do sistema sónico que usa uma vibração de baixa frequência (1000-6000 Hz) e de alta amplitude (Borges et al, 2017).

Endo Activator inclui uma peça de mão e três pontas descartáveis flexíveis, de diferentes diâmetros (uma pequena, uma média e uma grande), com polímero não cortante. Este formato possibilita uma ativação segura de vários reagentes intracanales, uma vez que produz uma agitação robusta do fluido (Fig 4 & Fig 5).

Segundo Ramamoorthi et al (2015), durante todo o processo, o EndoActivator produz uma “nuvem de detritos”, que pode ser vista dentro da câmara pulpar repleta de fluido.

A vibração da ponta do dispositivo, associado à movimentação do mesmo, provoca um fenómeno hidrodinâmico, do ponto de vista sinérgico (Ramamoorthi, Nivedhitha & Divyanand, 2015).

O EndoActivator tem sido usado nas várias etapas do tratamento endodôntico: na eliminação de tecido pulpar vivo ou necrosado, na remoção de smear layer e debris

dentinários, na agitação da solução irrigadora, na colocação e remoção da medicação intracanal, na obturação do canal e também no retratamento (Gusiyska, Gyulbenkiyan, Vasileva, Dyulgerova, & Mironova, 2016).

Uma das principais vantagens do EndoActivator é energizar o irrigante com a finalidade de retirar a *smear layer* e os debris produzidos pela instrumentação. Além disso, limita o risco de extrusão de irrigantes através do ápice. Este sistema tem demonstrado também que, aquando a sua utilização, os canais laterais são melhor irrigados. (Borges et al, 2017)



Figura 4: Componentes do sistema Endo Activator (Darcey et al, 2016).

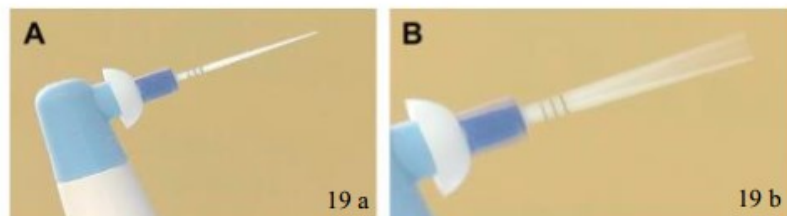


Figura 5: A : ponta do EndoActivator ; B : movimento sónico da ponta.

Adaptada de Haapsalo et al, (2010)

3.6-EndoVac

O sistema EndoVac é um novo sistema de irrigação hidrodinâmica ou de pressão apical negativa. Ao contrário de outros meios de irrigação, onde a solução é depositada o mais longe possível no canal, EndoVac usará o fenômeno de sucção para levar o irrigante ao

ápice (Gusiyska et al, 2016).

O Endo-Vac é composto por 4 partes: (Fig 6)

- O adaptador multi-porta que permitirá realizar todas as configurações, uma vez conectado ao a unidade.
- O Master Delivery Tip ou MDT, que é conectado ao adaptador multi-porta e conectado a uma seringa de 20cc. Ele fornece a solução de irrigação de forma constante para a câmara pulpar através de uma cânula de metal, colocada não na direção de um canal mas contra uma parede axial.
- A macro-cânula é feita de polipropileno e é integrada a uma peça de mão. Utilizado com o MDT, permitirá a desinfecção dos dois terços coronarianos do canal.
- A microcânula é feita de aço inoxidável e tem um diâmetro de 0,32 milímetros para desinfetar o terço apical da raiz por pressão negativa.

Durante a irrigação, a MDT dispõe o irrigante enquanto aspira o excesso para que não ocorra transbordo do mesmo. As cânulas colocadas dentro do canal exercem simultaneamente pressão negativa, que puxa o irrigante da sua fonte de fornecimento na câmara pulpar até à sua ponta, e aspiração (Fig 7).

Assim, um fluxo constante de irrigante fresco é constantemente entregue por pressão negativa até ao comprimento de trabalho (Batista Borges et al, 2017)



Figura 6: Componentes do sistema EndoVac (Adaptado de Dentaltix, s.d.).

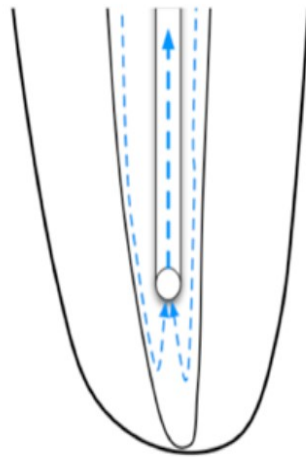


Figura 7: Cânula de aspiração inserida no canal (compressão negativa) (Darcey et al., 2016).

O vantagem do EndoVac é o fluxo invertido dos líquidos que promove uma boa limpeza apical e também o seu forte efeito antimicrobiano quando usado o NaOCl.

O uso do EndoVac reduz os riscos de extrusão de irrigantes através do forâmen apical. (Chen, Nurbakhsh, Layton, Bussmann & Kishen, 2014).

Este sistema demonstrou melhores resultados biológicos do que a irrigação convencional em dentes imaturos com periodontite apical (Pucinelli et al, 2017).

Isto não é sem limitações:

Restos deixados in situ.

Preparações apicais maiores até ISO são necessários para permitir a introdução de ambas as cânulas (e isto pode não ser possível em canais curvos).

As cânulas podem bloquear com detritos.

Criar uma preparação coronalmente que permite uma adaptação eficaz do sistema para o canal pode ser um desafio (Darcey et al, 2016)

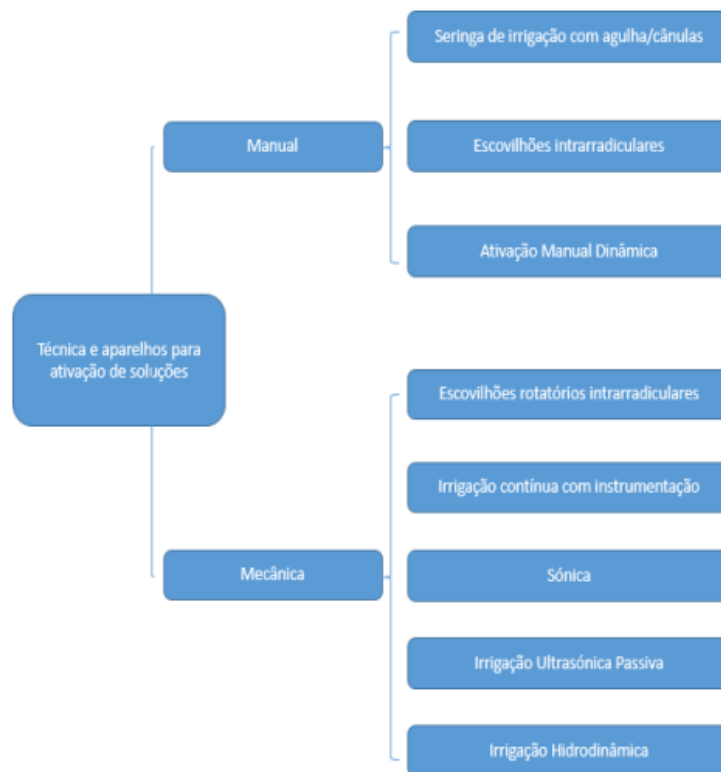


Figura 8: Classificação dos diferentes técnicas de ativação das soluções irrigantes Adaptada de Guet al, (2009).

4- Associações entre Irrigantes Endodônticos

Em teoria, um irrigador ideal deve ter todas as características mencionadas. No entanto, não existe atualmente nenhuma solução irrigante capaz de cobrir todas as funções desejadas. A irrigação efetiva depende da combinação de duas, ou mais, soluções de irrigação numa sequência específica. Os seus efeitos químicos e mecânicos determinam como e quando elas serão usadas. (Gatelli & Bortolini, 2014)

4.1-Associação entre Hipoclorito de sódio e Clorexidina

Como já foi mencionado, a CHX não tem atividade de dissolução de tecido, ao contrário do NaOCl. Por isso várias tentativas foram feitas para combinar a CHX com o Hipoclorito para fornecer benefícios adicionais de ambas as soluções.

Quimicamente, a CHX e o NaOCl não são solúveis um, no outro e um precipitado castanho alaranjado é formado quando ambos são misturados. (Fig 9)

Houve um debate considerável sobre a composição do precipitado, com diferentes técnicas analíticas e resultados contraditórios. A presença de paracloroanalina (PCA),

que apresenta um potencial mutagénico, foi relatada em em vários estudos (Gusiyska et al, 2016) (Mahant, 2014) (Haapasalo et al, 2010).

Finalmente, um estudo decisivo mostraram que, a PCA não estava presente no precipitado, mas foi a Chlorophenylurea (Wright et al, 2017).



Figura 9: Formação de um precipitado castanho alaranjado após a mistura de CHX com hipoclorito de sódio (Gusiyska et al, 2016).

Clinicamente, a CHX foi proposta como irrigante final após o uso de NaOCl para ter maior ação antibacteriana do que o NaOCl sozinho mas, os produtos de precipitação, são preocupantes devido à sua provável semelhança com a toxina conhecida, Cloroguanidina. (Gusiyska et al, 2016).

Além disso, esses precipitados foram encontrados dentro dos túbulos dentinários, onde eles ocluem o orifício do canal, reduzindo a permeabilidade da dentina e diminuindo a eficácia dos irrigantes endodônticos, também eles têm efeitos negativos na capacidade de selamento de materiais obturadores como a Guttapercha (Mahant, 2014).

Por isso, devemos evitar a utilização conjunta destas soluções, ou então realizar uma irrigação abundante com água destilada para eliminar o NaOCl antes de aplicar a CHX. Esta irrigação é obrigatória porque mesmo baixas concentrações de 0,023% e de 0,19% de NaOCl promovem a formação do precipitado (Chubb, 2019).

4.2 Associação entre Hipoclorito de Sódio e EDTA

NaOCl e EDTA são os dois irrigantes mais usados em endodontia, como eles têm características diferentes, foi tentado combiná-los.

Quando misturado com o NaOCl, o EDTA conserva a sua capacidade quelante.

Desenvolvimento

A irrigação alternada de EDTA e de NaOCl provoca uma maior dissolução do tecido por parte do NaOCl e uma maior redução do conteúdo bacteriano no interior dos canais radiculares (Chubb, 2019).

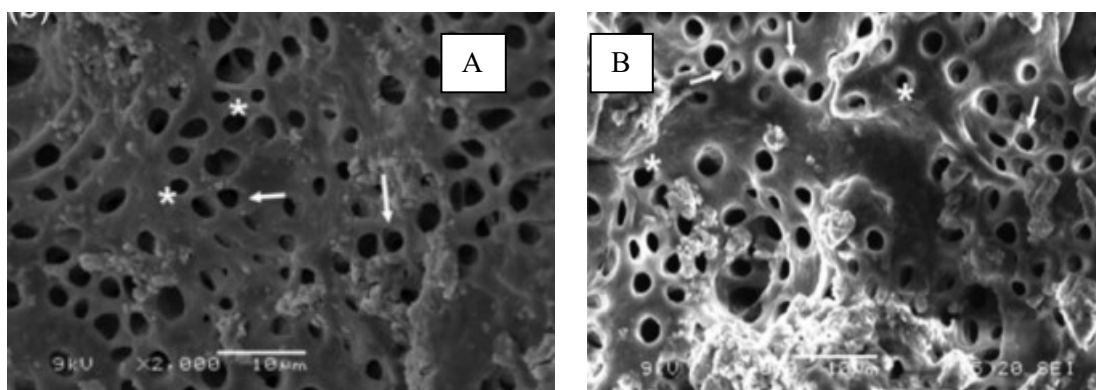
Num recente trabalho de Cardoso et al que avaliou a influência dos protocolos de irrigação, sobre o componente inorgânico da dentina. Havia um grupo de dentes irrigados apenas por EDTA (17%), outro apenas por NaOCl (5.25%) e um final grupo por ambas as soluções.

Os resultados mostraram que, no terço médio, todos os grupos com EDTA mostraram melhor eliminação da camada de Smear Layer mas, no terço apical, isso aconteceu só no grupo de EDTA + NaOCl. Esta combinação é então eficaz para desinfetar completamente o terço apical (Cardoso et al, 2019) (Fig 10).

Infelizmente uma irrigação com EDTA a 15% por 3 minutos seguida de uma irrigação com NaOCl a 6% por 3 minutos provocou uma maior erosão daquela provocada por apenas EDTA, o que significa que o NaOCl acelera a erosão da dentina (Cardoso et al, 2019) (Fig 11).

Esta associação leva também à uma redução da capacidade de dissolução dos tecidos do NaOCl, porque diminui a quantidade de clorina livre. O uso combinado de NaOCl e EDTA vai aumentar a rugosidade significativamente. Este resultado pode ser explicado por a ação quelante do EDTA, que vai remover a porção inorgânica da smear layer, associada à ação proteolítica do NaOCl, que por sua vez vai remover a porção orgânica (Prado et al, 2014).

Por isso, estas duas soluções não devem ser associadas.



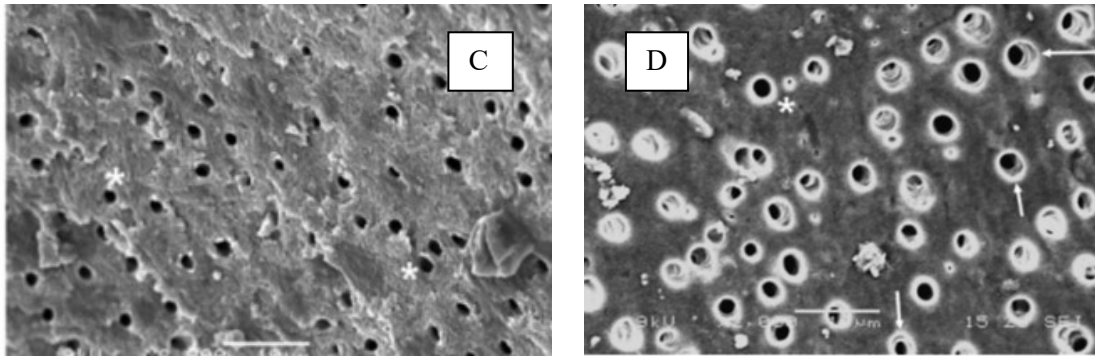


Figura 10: A: grupo com apenas EDTA (terço médio). B : grupo com EDTA+ NaOCl (terço médio).C : grupo com apenas EDTA (terço apical). D : grupo com EDTA + NaOCl (terço apical) (Cardoso et al, 2019).

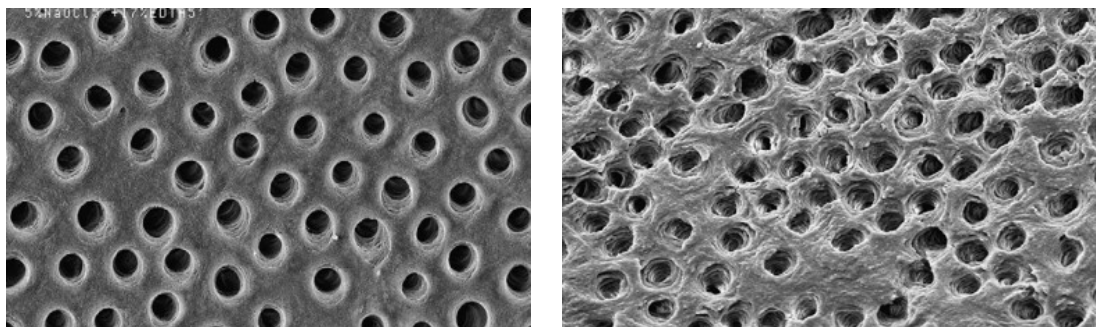
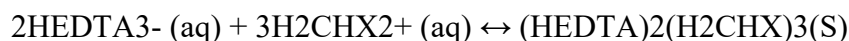


Figura 11: A : Parede do canal após a remoção da camada de Smear Layer apenas por EDTA. B : Erosão excessiva da dentina no canal causada por o uso do NaOCl após o EDTA (Cardoso et al, 2019).

4.3-Associação entre EDTA e Clorexidina

Quando misturados, CHX e EDTA produzem imediatamente um precipitado branco que é um sal formado pela neutralização da CHX catiónica pelo EDTA aniônico, de acordo com a equação (Fig 12).



O significado clínico deste precipitado é largamente desconhecido.

Uma utilização conjunta destas soluções reduz a capacidade do EDTA em remover a smear layer. Por outro lado, Prado Simão e Gomes (2013) concluíram que a associação entre o EDTA a 17% e a CHX a 2% possibilita uma maior força de adesão do material obturador à dentina. (Mahant, 2014).



Figura 12: Precipitado branco formado após interação do EDTA com CHX (Haapasalo et al, 2010).

4.4-Protocolo Atual de irrigação

Muitos protocolos de irrigação foram sugeridos, mas não existe um procedimento padronizado. No entanto, as etapas mais aceitas são as seguintes :

A irrigação abundante com NaOCl (entre 1 a 5,25%) deve ser feita durante todas as fases de instrumentação, a sua aplicação deve ser renovada de 2 em 2 minutos e durante um tempo mínimo de 20 minutos, podemos também proceder ao aquecimento da solução de NaOCl de modo a ativar a mesma, sobretudo para potenciar a penetração do NaOCl nos túbulos dentinários (Morago et al, 2019).

Pode também ser realizado com o propósito de se utilizarem concentrações mais baixas de NaOCl e assim diminuir a toxicidade caso ocorra um extravasamento.

Neste passo a utilização de um quelante, sobretudo na formulação em gel, tem indicação caso se encontre tecido calcificado dentro no canal radicular. Pode também diminuir o risco de fratura de instrumentos (Darcey et al, 2016).

Depois da instrumentação mecânica, a irrigação com o NaOCl deve ser ativada, seja por a técnica de pressão apical negativa ou por a técnica de PUI durante 30 segundos (Chubb, 2019). Depois o canal deve ser irrigado com 5 a 10 ml de EDTA a 17% durante 1 a 5 minutos para remover a Smear Layer (Moreira et al, 2019).

Existe outra alternativa, que é baseada no uso da solução de ácido fosfórico a 37% durante 3 a 5 minutos pois, permite melhor remoção de smear layer que o EDTA.

Além disso, a sua aplicação entre a CHX e o NaOCl impede a formação de precipitado castanho.

Com a introdução de novas soluções surgiram novos protocolos como a utilização do MTAD durante 5 minutos após a irrigação com o NaOCl durante 20 minutos. (Zhou et al, 2018).

Uma vez a eliminação completa da smear layer é realizada, a utilização de um agente antimicrobiano é propício para finalizar o processo de irrigação. A CHX parece ser a solução ideal por este assunto, não só devido a sua atividade específica contra *Candida albicans* e *E. faecalis* mas também devido a sua substantividade (De Souza Reis, Maranhão, Alves Moura & De Melo Maranhão, 2018).

Deve-se sempre irrigar com água destilada antes de se aplicar a CHX de modo a evitar a formação de precipitados.

Hoje em dia o Gold Standard ainda não existe, pesquisas futuras sobre irrigadores, devem tentar em encontrar um único irrigador que tenha a capacidade de dissolver o tecido, uma propriedade de remoção da Smear Layer e eficácia antibacteriana (Chubb, 2019).

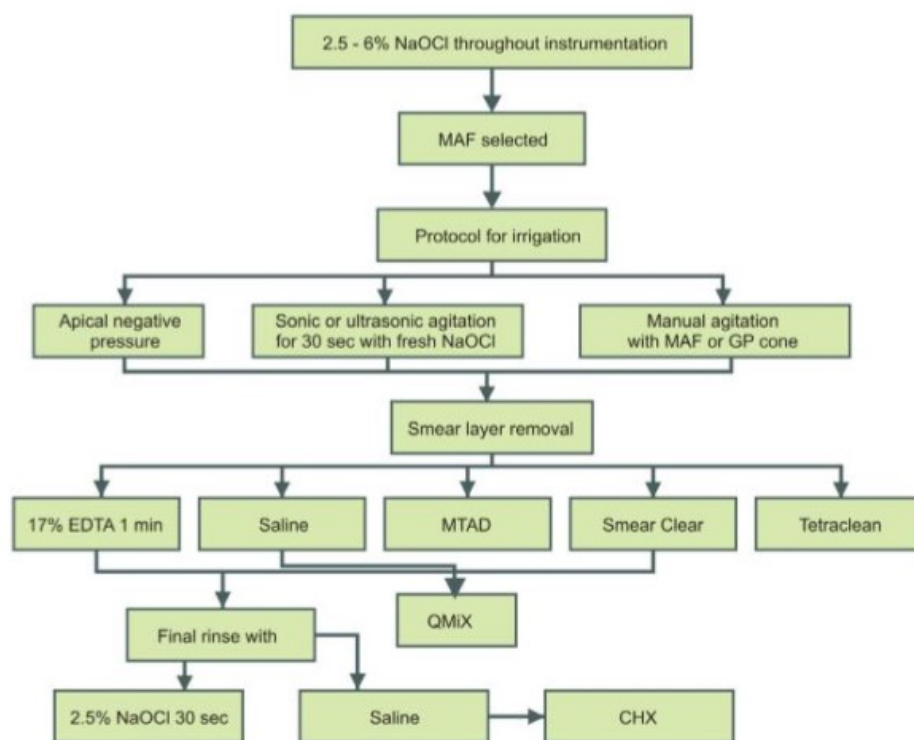


Figura 13: Os diferentes protocolos de irrigação (Adaptado de Basrani e Haapsalo, 2013).

5- Comparação de efetividade dos Sistemas Auxiliares de Irrigação

5.1. Comparação entre diferentes tipos de Agulhas

Hoje em dia existem diferentes tipos de agulhas, utilizadas para a irrigação dos canais radiculares.

De acordo com Boutsoukis et al, existem 6 tipos de agulhas que podem ser divididos em dois grupos : agulhas com final aberto e com final fechado.

Essas agulhas são de vários calibres (gauge), 31G, 30G , 27G ,25G. Contudo, os estudos mostram que 27G e 30G são mais utilizadas e eficazes porque eles permitem de evitar o extravasamento do irrigante .(Haapasalo et al, 2010).

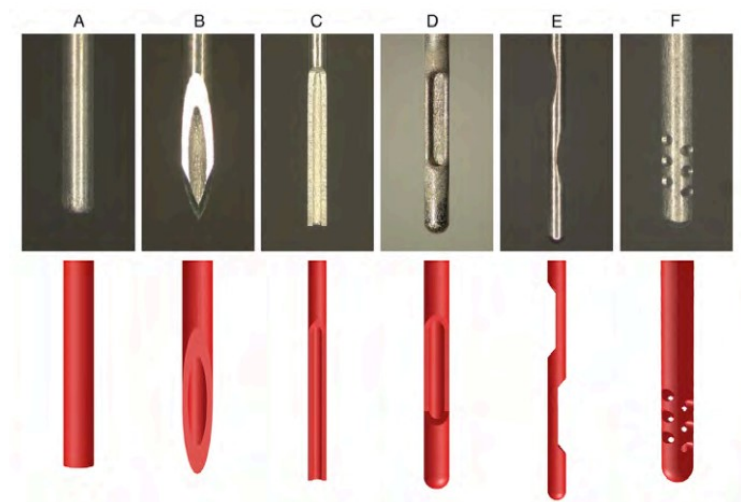


Figura 14: 6 agulhas diferentes, 30G, (A, B, C) Agulhas com final aberto: (A) Achatada, (B) Com bisel, (C) Com fenda, (D, E, F) Agulhas com final fechado: (D) Ventilada de lado, (E) Ventilada em dois lados e (F) multi-ventilada (orifícios) (Boutsoukis et al, 2010).

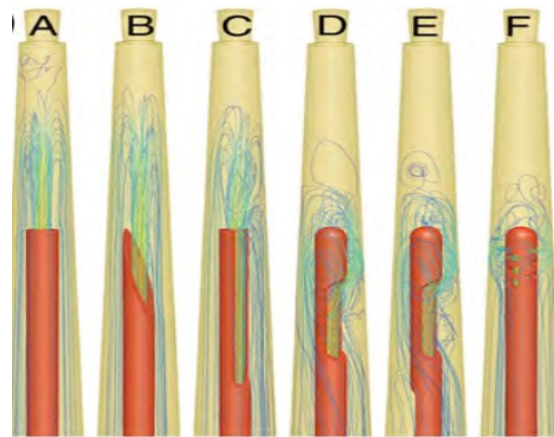


Figura 15: Visualização da trajetória de partículas da solução de irrigação em 3D (Boutsioukis et al, 2010).

Com um modelo computarizado de dinâmica de fluidos, os estudos recentes mostram que o ‘design’ da ponta da agulha irrigadora atua na velocidade de fluxo do irrigante, e também na pressão apical gerada.

As agulhas com abertura laterizada diminuem a pressão na zona apical e impede a extrusão do irrigante para as zonas periapicais (De Loiola et al, 2011).

.

O estudo de Silva et al, que comparou os tipos de agulha e seus efeitos de extrusão do irrigante demonstrou que a quantidade de material extruído pela agulha de extremidade aberta foi significativamente maior do que a agulha de extremidade fechada com dupla abertura lateral, pois este tipo de agulhas oferece mais segurança durante a terapia endodôntica (Silva et al, 2016).

.

5.2. EndoVac VS Irrigação manual com Seringa e Agulha

Num estudo de Loiola et al., os autores avaliaram a capacidade de limpeza do canal radicular pelos sistemas diferentes de irrigação: o Endo Vac e o sistema convencional por meio de um sistema de radiografia digital. Endo Vac foi mais efetivo do que a irrigação manual na limpeza do terço apical dos canais radiculares (De Loiola et al, 2011).

A 1 mm do comprimento de trabalho, o lúmen do canal principal de dentes irrigados usando o sistema EndoVac continham substancialmente menos detritos usando uma agulha de calibre 30. No entanto a 3 mm do comprimento de trabalho não se verificou nenhuma diferença (Vivan et al, 2016).

Buldur et Kapdan compararam a capacidade de remoção da Smear Layer por dois sistemas diferentes o Endo Vac e o sistema convencional de irrigação, e concluíam que EndoVac foi o sistema com a maior capacidade de remoção de Smear Layer (Buldur & Kapdan, 2017).

A aplicação de irrigantes na zona apical através de pressão negativa usando o sistema. EndoVac tinha potencial para alcançar um maior controlo microbiano do que a irrigação com a seringa e agulha, uma vez que o EndoVac aplica uma quantidade de irrigante significativamente maior que o método convencional. (Vivan et al, 2016)

Num recente trabalho de Pucinelli et al, os autores concluíram que o sistema EndoVac poderia ser considerado um protocolo de desinfecção válido para dentes permanentes imaturos com periodontite apical, e antibióticos intracanal não seriam necessários (Pucinelli et al, 2017)

A irrigação por pressão negativa apical EndoVac demonstrou máxima penetração apical do irrigante, sem penetração do mesmo além da zona apical da microcânula.

Isto destacou a capacidade de irrigação de pressão negativa para ser usada com segurança ao longo do comprimento de trabalho para garantir a penetração do irrigante sem risco de extrusão (Chen et al, 2014).

Um estudo destacou a velocidade de irrigação, a tensão de cisalhamento da parede do canal radicular, a turbulência e a direção geral do fluxo de irrigação associado à irrigação por seringa (agulhas abertas) e a irrigação de pressão negativa apical Endo Vac. Verificou-se que a irrigação à base de seringa com uma agulha de abertura lateral apresenta uma tensão de cisalhamento a mais elevada.

A irrigação por pressão negativa apical baseada em EndoVac não tinha qualquer intensidade de turbulência mensurável dentro do canal, com pouca interação entre o irrigante e a parede do canal radicular, evidenciada pelos menores valores de tensão de

cisalhamento da parede, mas permitia o fluxo de irrigante até o comprimento de trabalho (Chen et al, 2014)

5.3-EndoVac VS Endo Activator

Os resultados dos estudos, bem como as opiniões dos autores são diferentes sobre este assunto. Castagnola et al., efetuaram um estudo comparativo entre os seguintes métodos: irrigação convencional, Sistema EndoVac e Sistema EndoActivator : O Sistema EndoActivator obteve os melhores resultados em todos os terços do canal radicular na remoção da smear layer, seguido do EndoVac e por último da irrigação com seringa e agulha. Contudo, o sistema EndoActivator em relação à remoção de detritos orgânicos apresentou o melhor resultado no terço médio e apical (Castagnola et al, 2014).

Ao contrário no trabalho recente de Suman, onde o EndoVac era mais eficaz no terço médio e apical na remoção de smear layer e de detritos (Fig 16) (Suman et al, 2017).

O mesmo resultado foi obtido num trabalho de Karade et al, o sistema EndoVac mostrava-se significativamente melhor do que todos os outros sistemas de irrigação por ultrassom com agulha e seringa e com o Endo Activator (Karade et al, 2017).

Num outro estudo de Goode et al., foram examinadas nove técnicas de agitação de irrigante, entre as quais a agitação sónica (Endo Activator) e a agitação hidrodinâmica (EndoVac) sobre a eficácia da remoção de detritos como resultado das tensões de cisalhamento das paredes do canal radicular, em áreas inacessíveis de canais radiculares curvos. Este estudo concluiu que o EndoVac foi o único que removeu uma quantidade significativamente maior de detritos de áreas mecanicamente inacessíveis

de canais radiculares curvos, de fato com este sistema mais de 99% dos detritos foram removidos (Goode et al, 2013).

Por Mancicni e al, o sistema EV apresentou o maior grau de remoção de detritos a 1 mm do ápice. No entanto, o sistema EA apresentou resultados semelhantes, em comparação com o sistema EV a 3, 5 e 8 mm do ápice (Mancini et al, 2013).

Segundo Yost et al. , o uso EndoActivator, comparativamente com o EndoVac, tem mais risco de extrusão da solução de irrigação para a região peri-apical (Yost et al, 2015).

O estudo realizado por Gupta et al, mostra as mesmas conclusões, refere que o EndoActivator é mais predisposto à extrusão, então o EndoVac vai ser a primeira escolha, no que diz respeito à endodontia regenerativa (Gupta, Nikhil& Jha, 2014)

O mesmo resultado foi encontrado num estudo recente de Azim et al., onde ele comparou 5 sistemas de irrigação entre os quais ; o EndoVac e EndoActivator. EndoVac foi o único que não apresentou uma extrusão de NaOCl (Azim, Aksel, Margaret Jefferson & Huang, 2018).

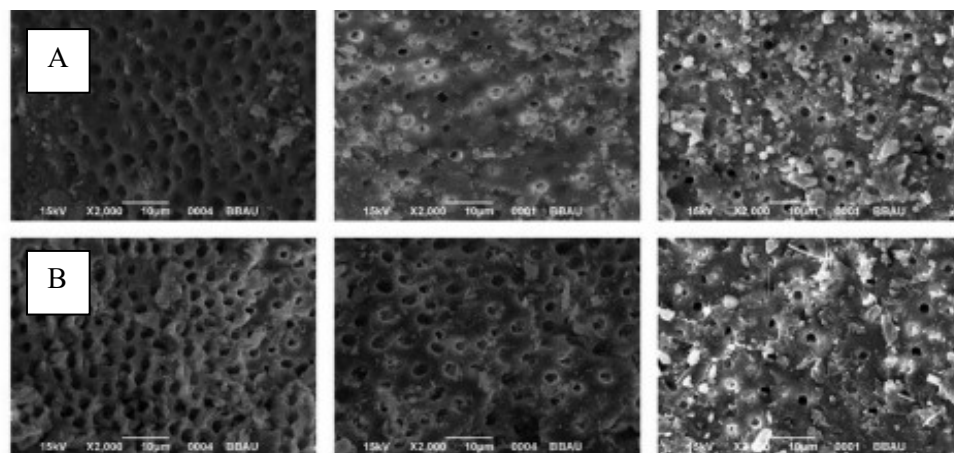


Figura 16: Micrografias eletrônicas da remoção de smear layer no grupo A (Endoactivator) e grupo B (Endovac) dos terços, coronal, médio e apical. Adaptado de (Suman et al, 2017).

5.4-PUI vs. Irrigação convencional

A irrigação por ultrassom é mais eficaz do que a irrigação com seringa e agulha na eliminação de restos de tecido pulpar e dentina. A diferença pode ser causada pelo fato de que o ultrassom cria um fluxo de irrigação mais alto no canal durante a irrigação, eliminando assim mais detritos e melhorando o acesso da solução irrigante aos canais acessórios (Vivan et al, 2016).

Como os canais laterais e o terço apical são mais difíceis de alcançar, sua

limpeza pode variar a depender do protocolo de irrigação. Clinicamente, o sistema convencional de irrigação complica o fluxo da solução de irrigação para o terço apical, devido à configuração atrésica.

No entanto, é possível estabelecer um fluxo de irrigação nesta região usando agulhas de pequeno calibre. Além disso, o terço apical apresenta menor densidade de túbulos dentinários, mas, por outro lado, alta frequência de canais secundários e acessórios.

Tendo em conta que a irrigação ultrassônica passiva, quando gera ondas de vibração melhora o potencial de penetração do irrigante nos canais laterais

Por isso Moreira et al., concluíram recentemente que uma adequada combinação de soluções irrigadoras acopladas ao uso tecnológico da vibração ultra-sônica passiva poderia fornecer limpeza superior de áreas anteriormente consideradas inacessíveis para preparação biomecânica (Moreira et al, 2019).

Num trabalho de Iriboz et al., que comparou a extrusão de NaOCl usando quatro diferentes sistemas de irrigação, entre os quais o sistema por ultrassom PUI e o sistema convencional. Esta extrusão apical pode ocorrer em qualquer procedimento de irrigação, mas se a quantidade de extrusão for baixa, os tecidos periapicais não serão lesados e os pacientes não apresentarão sintomas clínicos. Os resultados mostraram que o sistema convencional apresentou maior extrusão de NaOCl do que PUI (Fig 17). (İriboz, Bayraktar, Türkaydın & Tarçın, 2015).

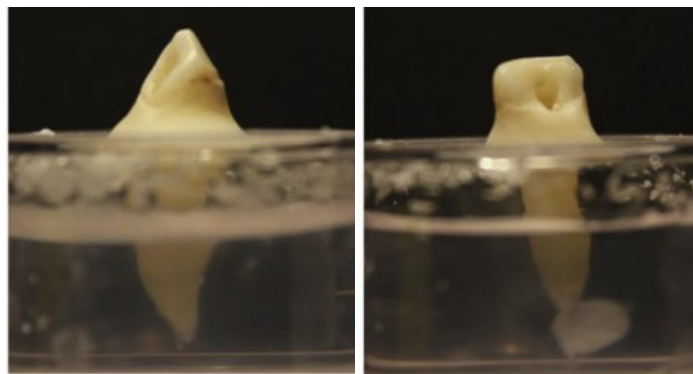


Figura 17: Fotografias digitais mostrando extrusão apical de NaOCl na técnica de irrigação PUI e na técnica convencional (İriboz, Bayraktar, Türkaydın & Tarçın, 2015).

5.5-PUI vs. EndoVac

Num trabalho de Chen et al., que comparou a tensão de cisalhamento na parede do canal radicular e a magnitude de velocidade causada por diferentes sistemas, a irrigação assistida por ultrassom PUI mostrou os valores mais altos. Ao contrário o End Vac

Desenvolvimento

mostrou uma tensão de cisalhamento quase ausente e uma magnitude de velocidade mais baixa (Chen et al, 2014) (Fig 18).

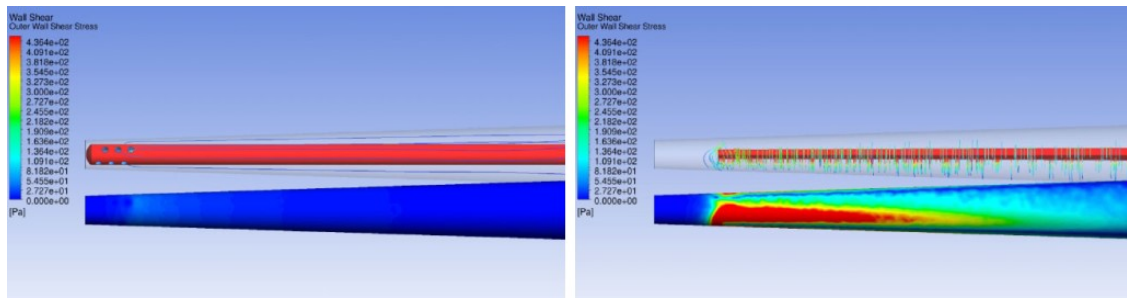


Figura 18: Distribuição da tensão de cisalhamento na parede do canal radicular, mostrando, sucessivamente, uma distribuição quase ausente para o Endo Vac e uma distribuição muito mais alta para a PUI (Chen et al, 2014).

Quanto à limpeza dos canais, o EndoVac se mostra mais eficaz, de fato num trabalho de Karade et al, a comparação entre os dois sistemas mostrou que o endovac foi mais efetivo na remoção da smear layer nos três terços do canal (Fig 19) (Karade et al, 2017).

De acordo com os autores a eficácia do sistema EndoVac na produção de canais limpos pode ser atribuída à sua abordagem de pressão negativa apical. A pressão negativa apical puxa o irrigante pelas paredes do canal em direção ao ápice, criando uma rápida corrente turbulenta em direção ao término da microcânula. Os orifícios da microcânula evacuum detritos da extremidade fechada dos sistemas de canais (Karade et al, 2017).

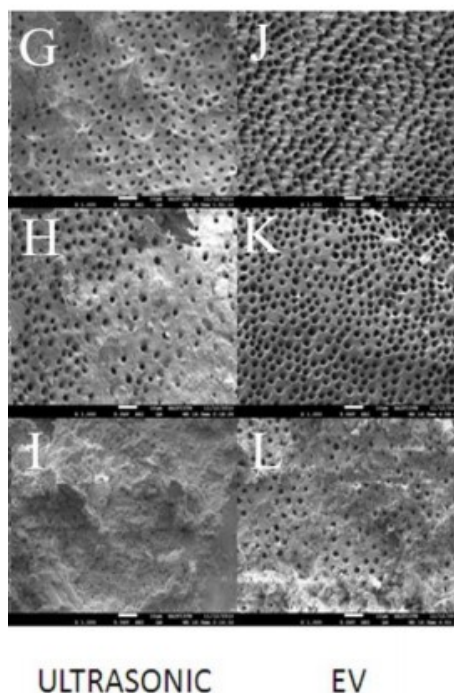


Figura 19: Amostras microscópicas eletrônicas representativas da remoção de smear layer no terço coronal (I+L) terço médio (H+K) e terço apical (G+J) depois uma irrigação com EV e ultrassons (Karade et al, 2017).

Quanto à extrusão da solução irrigante além do ápice, com o sistema EV temos uma quantidade muito baixa ou mesmo inexistente de extrusão da solução irrigadora, como foi confirmado num estudo de Azim et al. Neste estudo, o EV diferiu significativamente de todos os outros procedimentos e foi notavelmente eficaz em evitar extrusão de NaOCl. Os resultados concordam com vários relatórios anteriores indicando que o EV é o sistema de irrigação mais seguro a ser usado (Azim et al, 2018).

5.6-PUI vs. Endo Activator

Num trabalho de Kanter et al, que teve como objetivo comparar duas técnicas de irrigação e avaliar a limpeza do canal radicular e dos canais laterais / acessórios.

As duas técnicas foram : a técnica sônica (EndoActivator) e a ultrassônica (PUI)

A análise estatística da remoção da smear layer anexada revelou que o uso do EA foi significativamente melhor na remoção de detritos superficiais a 3 mm, quando comparado com outros grupos de tratamento. Às 5 mm não houve diferença estatística entre EA e PUI. O EA produziu mais túbulos abertos nos níveis de 3 mm e 5 mm (Fig 20) (Kanter et al, 2011).

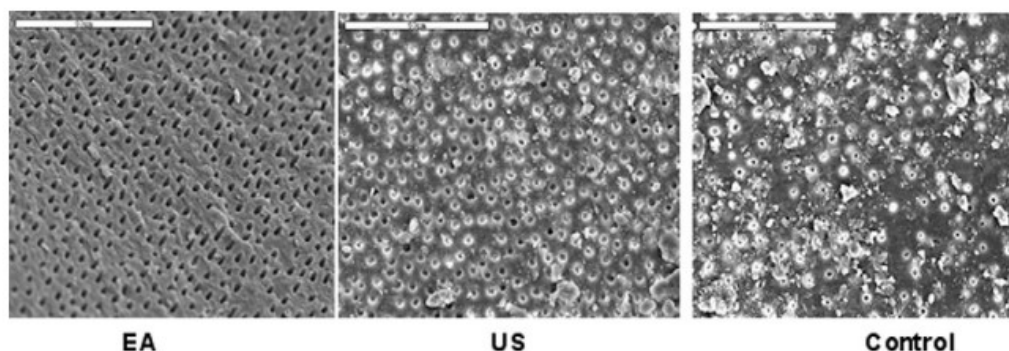


Figura 20: Imagens representativas das paredes do canal radicular mostrando detritos e túbulos abertos após o uso de grupos EA (EndoActivator), US (Ultrassônica) ou controle (Kanter et al, 2011).

Apesar da literatura defender a técnica de irrigação sónica como sendo uma técnica eficaz na limpeza dos canais, vários autores defendem que ela é inferior à ultrassónica, pois, não gera vibrações acústicas nem efeito de cavitação, efeitos importantes para uma devida limpeza (Ferreira, Simões & Carrilho, 2014).

Merino et al, (2013) mencionam que PUI foi mais eficiente na ativação do irrigante em comprimento de trabalho do que o EA. A explicação para esse resultado pode ser relacionada com a intensidade mais baixa de 0,166 kHz gerada pelo EA comparada com 30 KHz gerada por PUI (180 vezes mais) (Merino, Estevez, de Gregorio & Cohenca, 2013).

Van Der Sluis et al, (2007) demonstraram que a irrigação sónica foi menos eficaz do que a ultrassónica, devido a uma menor frequência, resultando num reduzido fluxo acústico (Van der Sluis et al, 2007).

O estudo de Neuhaus et al., mostrou que não há diferença significativa entre a irrigação sónica e ultrassónica com NaOCl (Neuhaus, Liebi, Stauffacher, Eick, & Lussi, 2016).

O EndoActivator apresentou uma insignificante quantidade de irrigante que ultrapassou o ápice, por isso é um sistema que oferece mais segurança do que PUI (İriboz et al, 2015) (Azim et al, 2018).

5.7-Novas abordagens

5.7.1-Self Adjusting Files (SAF)

Recentemente, um novo sistema de limas em Ni-Ti foi formulado para ultrapassar os problemas dos sistemas rotatórios convencionais, o Self-Adjusting File (SAF). Eles têm uma peça de mão ligada a um motor (Fig 21).

Esta técnica permitirá a preparação química e mecânica simultânea dos canais. De fato, a SAF adapta-se tridimensionalmente à forma original do canal radicular, estando adaptado a um sistema de irrigação especial que providencia uma irrigação contínua durante a preparação do canal, através de um tubo de silicone acoplado a um centro de rotação no eixo da lima. Um fluxo contínuo de irrigante poderá ter efeitos positivos nas propriedades de limpeza, especialmente no terço apical do canal radicular. (Gusiyska et al, 2016).

Segundo Metzger estas limas são diferentes dos outros sistemas porque são ocas e flexíveis (Metzger, 2014) (Fig 22).

Elas têm uma forma cilíndrica, e apresentam-se com diâmetros de ponta: 1.5 mm e 2 mm. Umavez, uma lima é inserida no canal ela vai comprimir para ter o diâmetro do canal (Fig 23).

Os SAF têm uma vibração de 3000 - 5000 por minuto e são utilizadas durante dois ciclos de dois minutos cada um. No primeiro minuto de cada ciclo é aplicado o NaOCl a 3% e no segundo minuto é utilizado o EDTA a 17%. São utilizados 5ml/ min em cada ciclo. Este procedimento removerá uma camada de SmearLayer de 60 a 75 μ m de espessura. O SAF é projetado para uso único (Trinathtangutoori et al, 2018).



Figura 21: O Self-Adjusting File (SAF) (Leonardo & Leonardo, 2012).

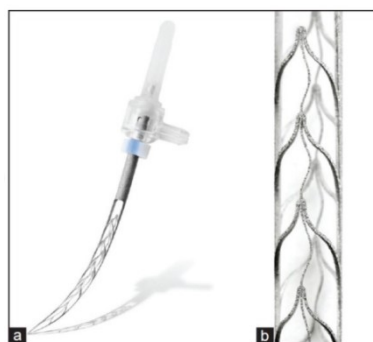


Figura 22: Lima de Ni-Ti de SAF flexível (a) e oca (b) (Metzger, 2014).

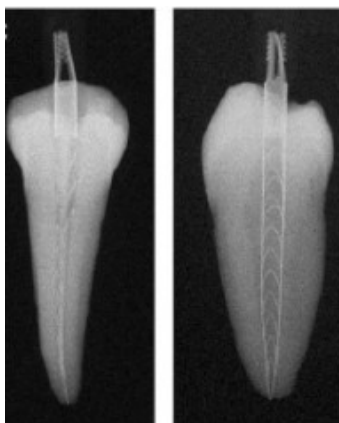


Figura 23: Adaptação da lima de NiTi no canal radicular (Trinathtangutoori et al, 2018).

Num estudo feito por Jimna et al, sobre a capacidade de limpeza de SAF nos canais radiculares, os resultados obtidos sugerem que o uso do sistema SAF e a ação contínua de irrigação com solução de NaOCl e EDTA poderiam superar a dificuldade de remoção da smear layer mesmo em regiões de difícil acesso do canal radicular (Jimna, Ashwini, & Sowmya, 2017).

Num outro trabalho de Jadhav et al conclui-se que no terço apical do canal radicular, a SAF apresentou uma capacidade de limpeza do canal estatisticamente significativa devido ao efeito combinado da irrigação contínua com a ativação dos irrigantes pela criação de turbulência e o seu ‘design’ auto-adaptável de acordo com a anatomia do canal radicular (Jadhav et al, 2016).

Em relação à extrusão da solução irrigadora, resultados obtidos num estudo feito por Íriboz et al, revelaram que SAF mostrou mais extrusão apical do que outras técnicas e consideravelmente mais do que o sistema EndoVac. Uma vez que é a bomba Vatea que "controla" o procedimento de irrigação e não o clínico, isso pode levar à irrigação descontrolada e não calculada e, conseqüentemente, à extrusão apical (Íriboz et al, 2015).

Mas a quantidade de solução extrusada permanece muito menor do que a quantidade extrusada com a técnica convencional.

5.7.2-Laser

O LASER atua como um amplificador de luz e promove a reprodução exponencial de fótons.

Os lasers apresentam efeito bactericida e a potência desse efeito está diretamente relacionada ao aparelho de laser utilizado. Existem vários comprimentos de onda do laser, descritos para limpeza e desinfecção do sistema mas o mais utilizado é o Yttrium Aluminium Garnet (Er: YAG) 2940 nm, aplicado com ponta de fibra ótica de 200 a 400 µm de diâmetro e 20 mm de comprimento (Fig 24) (Reza et al, 2013).

A fibra é colocada a 1 mm do ápice, um ciclo de 5 a 10 segundos é repetido 2 a 4 vezes com movimento espiral do ápice para a região coronal, com um intervalo de 5 a 40 segundos entre cada ciclo. A fibra também pode ser usada sem movimento se colocada a 5 mm do ápice. (Reza et al, 2013).



Figura 24: Fibra ótica de laser Er :YAG (Reza et al, 2013).

A interação entre laser e irrigante no sistema de canais radiculares surge como uma nova área de interesse no campo da desinfecção endodôntica. O mecanismo desta interação foi atribuído à absorção efetiva da luz (laser) pelo hipoclorito de sódio. Isso causa a vaporização do irrigante e à formação de bolhas de vapor, que se expandem e implodem com efeitos secundários de cavitação. A irrigação a laser apresenta assim a capacidade de promover o fenômeno da cavitação nos líquidos, aumentando a capacidade de limpeza da solução irrigante utilizada (Olivi et al, 2011).

A irradiação a laser tem potencial para auxiliar no tratamento endodôntico, não só por sua melhor remoção de detritos e smear layer, mas também pela sua capacidade de fornecer maior acessibilidade às partes anteriormente inacessíveis. A alta profundidade de penetração da luz (laser) no tecido dentinário parece ser a explicação mais lógica para a eficácia bactericida de diferentes comprimentos de onda do laser. Devido à

profundidade de penetração ajustável da irradiação (laser) é possível obter um melhor acesso às regiões complexas do sistema de canais radiculares (Piazza & Vivan, 2017).

A técnica de irrigação ativada por laser (LAI) foi comparada, por De moore et al, com a irrigação passiva por ultrassons (PUI). Concluindo-se que a técnica de laser, usando tempos de operação inferiores (4 x 5 segundos), dá resultados comparáveis com a técnica de ultra-sons (3 x 20 segundos) (De Moor et al, 2010).

Sahar-Helft et al, compararam também a capacidade de eliminar de smear layer do LAI e PUI , O LAI com o laser Er: YAG foi o método mais eficaz para remover a smear layer de toda a parede do canal radicular até o terço apical (Sahar-Helft et al, 2015).

O efeito térmico do laser deve um fator a ser considerado durante a sua aplicação, devendo ser evitado procedimentos sem a devida refrigeração para que não ocorram danos nas estruturas dentinárias.

Por Dioguardi et al, o principal desvantagem desta técnica é o risco de extrusão da solução além do ápice (Dioguardi et al, 2018).

Ainda que os resultados mostrem a eficácia do laser na endodontia, o seu uso ainda é reduzido devido aos altos custos de aquisição do aparelho.

5.7.3-Gentle Wave (GW)

O sistema Gentle Wave é um sistema de tecnologia chamada tecnologia multisônica, tem como objetivo limpar o canal radicular através da geração de diferentes mecanismos físico-químicos, incluindo um amplo espectro de ondas sonoras (Hargreaves & Berman, 2017).

Ele opera a usar uma peça de mão, mas nenhum componente é colocado no sistema de canais, o instrumento é colocado na câmara pulpar, e é ativado a partir de um console de computador (Fig 25).

GentleWave opera através de vórtices de fluidos e ondas sônicas múltiplas de amplo espectro, criando leve pressão negativa dentro do sistema de canais radiculares e promovendo limpeza no sentido coroa-ápice. O fluxo do líquido de irrigação interage com o líquido estacionário dentro da câmara pulpar, criando uma forte força de rutura que causa cavitação hidrodinâmica (Darcey et al, 2016).

A contínua formação e implosão de microbolhas forma uma nuvem de cavitação com campo acústico de amplo espectro, que viaja através do fluido por todo o sistema de canais radiculares. A própria ponta do instrumento fornece o líquido (hipoclorito de sódio a 3%, água e EDTA a 8% sendo alternados pelo próprio mecanismo) e a cânula sugadora que remove os excessos de líquido e conteúdo dos sistemas de canais radiculares. A mesma é posicionada dentro da câmara pulpar e não precisa ser colocada dentro dos condutos radiculares, permitindo mínima instrumentação das raízes e conservando integridade e força do dente (Mohammadi et al, 2017) (Fig 26).

Segundo Haapasalo et al, o sistema GW permite a dissolução do tecido oito e dez vezes mais rápido que a irrigação por ultrassom e agulha, respectivamente (Haapasalo et al, 2014).

Por Molina et al, o sistema GW mostrou maior limpeza e redução de detritos residuais dentro dos canais do que aqueles limpos convencionalmente (Molina et al, 2015). O sistema GentleWave resulta em pressão negativa e nenhuma extrusão além do apice (Shon, 2016).



Figura 25: O sistema Gentle Wave (GW) (Darcey et al, 2016).

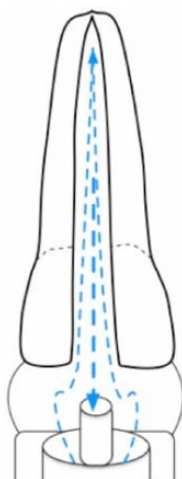


Figura 26: Representação diagramática do sistema GW : irrigante é pulverizado no sistema de canais a partir de uma peça de mão colocada na coroa do dente (Darcey et al, 2016).

IV. Conclusão

A terapia endodôntica tem como uma de suas principais finalidades a modelagem, limpeza e desinfecção do canal radicular, e como tal as soluções irrigadoras são fundamentais para o sucesso do tratamento.

Por isso, a escolha de uma solução irrigadora não é aleatória. As soluções de irrigação na atualidade apresentam diferentes propriedades para diferentes propósitos. Hoje em dia, o NaOCl é o irrigante mais utilizado em Endodontia por apresentar capacidade de dissolver a matéria orgânica e capacidade bactericida, mas sem efeito sobre a camada de smear layer e com toxicidade significativa.

Por isso, o uso alternado de uma solução de EDTA com NaOCl é muito importante uma vez que o EDTA interfere diretamente na qualidade da remoção da smear layer. A associação entre estas duas soluções irrigadoras, torna tais soluções mais eficazes quando comparadas aos seus efeitos separadamente.

Por contraste, CHX tem ação antibacteriana e menor toxicidade nos tecidos que NaOCl, mas é incapaz de dissolver tecido orgânico.

QMix®, uma recente solução formulada pela junção de CHX e EDTA também demonstrou ser um agente capaz de remover Smear Layer e revelou propriedades antimicrobianas substanciais.

O MTAD por apresentar na sua constituição tetraciclina, ou seja, sendo uma solução à base de antibióticos, vai ter elevada capacidade de remoção de microorganismos resistentes aos irrigantes mais utilizados

Deste modo, os irrigantes provocam assim diversos efeitos sobre a estrutura dentinária, por isso é fundamental que o profissional tenha conhecimento das propriedades das diferentes soluções para bem escolher em cada caso em particular.

Pode-se concluir que, embora cada solução tenha suas vantagens, a solução ideal ainda não existe.

As futuras fontes de investigação de irrigantes deverão procurar uma solução irrigante única que seja capaz de remover a smear layer, dissolver matéria orgânica, ter uma ação lubrificante e finalmente um efeito antibacteriano.

No que diz respeito os sistemas auxiliares de irrigação, o sistema mais frequentemente utilizado é a irrigação manual com seringa e agulha, uma vez que é facilmente manipulável, possibilitando controlo da profundidade e volume de irrigante introduzido no canal radicular.

Evoluções tecnológicas trouxeram a invenção de novos dispositivos que podem contar com diferentes mecanismos de transferência dos irrigantes, remoção da Smear Layer e uma desinfecção mais aprimorada, mencionando, a irrigação ultrassónica passiva o EndoActivator, EndoVac, SAF e o laser.

As técnicas sónicas e ultrasónicas removem de forma mais eficaz os detritos pois produzem uma irrigação mais vigorosa.

A irrigação por pressão negativa executada pelo EndoVac demonstrou-se superior a providenciar uma limpeza mais eficaz, com a colocação da solução irrigadora próxima do CT em segurança, não causando qualquer tipo de prejuízo devido ao extrusão apical.

O SAF é um sistema que reúne irrigação e vibração, fazendo assim uma melhor desinfecção canal.

No entanto, este tema necessita, ainda de mais estudos clínicos, com outros parâmetros, para avaliar os fatores de sucesso e fracasso dos irrigantes usados em endodontia, assim como, as implicações clínicas.

V. Referências bibliográficas

- Akbulut, M. B., Guneser, M. B., & Eldeniz, A. U. (2019). Effects of fruit vinegars on root dentin microhardness and roughness. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 22(1), 97-101. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_394_18
- Almeida, L. H. S. de, Leonardo, N. G. e S., Gomes, A. P. N., Giardino, L., Souza, E. M., & Pappen, F. G. (2013). Pulp Tissue Dissolution Capacity of Sodium Hypochlorite Combined with Cetrinide and Polypropylene Glycol. *Brazilian Dental Journal*, 24(5), 477-481. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201302041>
- Anumula, L., Kumar, K. S., Krishna, C. M., & Lakshmi, K. S. (2017). Antibacterial Activity of Freshly Prepared Ozonated Water and Chlorhexidine on Mutans Streptococcus When Used as an Oral Rinse - A Randomised Clinical Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 11(7), ZC05-ZC08. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/26708.10129>
- Azim, A. A., Aksel, H., Margaret Jefferson, M., & Huang, G. T.-J. (2018). Comparison of sodium hypochlorite extrusion by five irrigation systems using an artificial root socket model and a quantitative chemical method. *Clinical Oral Investigations*, 22(2), 1055-1061. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2187-y>
- Batista Borges, M. M., Alves Duque, J., Fernandes Zancan, R., Monteiro Bramante, C., Hungaro Duarte, M. A., & Ricci Vivan, R. (2017). Uso Do Endoactivator No Tratamento Endodôntico. *Use of the endoactivator in endodontic treatment.*, 36(1), 123-140.
- Biel, P., Mohn, D., Attin, T., & Zehnder, M. (2017). Interactions between the Tetrasodium Salts of EDTA and 1-Hydroxyethane 1,1-Diphosphonic Acid with Sodium Hypochlorite Irrigants. *Journal of Endodontics*, 43(4), 657-661. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.006>
- Borzini, L., Condò, R., De Dominicis, P., Casaglia, A., & Cerroni, L. (2016). Root Canal Irrigation: Chemical Agents and Plant Extracts Against *Enterococcus faecalis*. *The Open Dentistry Journal*, 10, 692-703. <https://doi.org/10.2174/1874210601610010692>
- Boutsioukis, C., Verhaagen, B., Versluis, M., Kastrinakis, E., Wesselink, P. R., & van der Sluis, L. W. M. (2010). Evaluation of Irrigant Flow in the Root Canal Using Different Needle Types by an Unsteady Computational Fluid Dynamics Model. *Journal of Endodontics*, 36(5), 875-879. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.026>
- Buldur, B., & Kapdan, A. (2017). Comparison of the EndoVac system and conventional needle irrigation on removal of the smear layer in primary molar root canals. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 20(9), 1168. <https://doi.org/10.4103/1119-3077.181351>

- Cardoso, L. R., Baldasso, F. E. R., Delai, D., Montagner, F., & Kopper, P. M. P. (2019). Effect of EDTA, sodium, and calcium hypochlorite on the inorganic component of root canal dentin: A SEM analysis. *Microscopy Research and Technique*, 82(2), 128-133. <https://doi.org/10.1002/jemt.23151>
- Castagnola, R., Lajolo, C., Minciocchi, I., Cretella, G., Foti, R., Marigo, L., ... Somma, F. (2014). Efficacy of three different irrigation techniques in the removal of smear layer and organic debris from root canal wall: a scanning electron microscope study. *Giornale Italiano di Endodonzia*, 28(2), 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.gien.2014.09.001>
- Cecchin, D., Soares Giaretta, V., Granella Cadorin, B., Albino Souza, M., Vidal, C. de M. P., & Paula Farina, A. (2017). Effect of synthetic and natural-derived novel endodontic irrigant solutions on mechanical properties of human dentin. *Journal of Materials Science. Materials in Medicine*, 28(9), 141. <https://doi.org/10.1007/s10856-017-5960-1>
- Chen, J. E., Nurbakhsh, B., Layton, G., Bussmann, M., & Kishen, A. (2014). Irrigation dynamics associated with positive pressure, apical negative pressure and passive ultrasonic irrigations: a computational fluid dynamics analysis. *Australian Endodontic Journal: The Journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, 40(2), 54-60. <https://doi.org/10.1111/aej.12027>
- Chubb, D. W. R. (2019). A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success. *Australian Endodontic Journal*, 45(1), 5-11. <https://doi.org/10.1111/aej.12348>
- Darcey, J., Jawad, S., Taylor, C., Roudsari, R. V., & Hunter, M. (2016). Modern Endodontic Principles Part 4: Irrigation. *Dental Update*, 43(1), 20-22, 25-26, 28-30 passim. <https://doi.org/10.12968/denu.2016.43.1.20>
- De Loiola, L. E., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Morgental, R. D., & Tanomaru-Filho, M. (s. d.). *Influência da agulha irrigadora e da dilatação do canal radicular na eficácia da irrigação endodôntica*. 7.
- De Moor, R. J. G., Meire, M., Goharkhay, K., Moritz, A., & Vanobbergen, J. (2010). Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. *Journal of Endodontics*, 36(9), 1580-1583. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.06.007>
- De Souza Reis, A. C., Maranhão, P., Alves Moura, L., & De Melo Maranhão, K. (2018). Nova tendência da medicação intracanal para atuação sobre enterococcus faecalis: revisão de literatura. *new trend of intracanal medication to act on Enterococcus faecalis: Review of literature.*, 24(1), 115-121.
- Demirel, A., Yüksel, B. N., Ziya, M., Gümüş, H., Doğan, S., & Sari, Ş. (2019a). The effect of different irrigation protocols on smear layer removal in root canals of primary teeth: a SEM study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 77(5), 380-385. <https://doi.org/10.1080/00016357.2019.1577491>

- Dioguardi, M., Di Gioia, G., Illuzzi, G., Laneve, E., Cocco, A., & Troiano, G. (2018). Endodontic irrigants: Different methods to improve efficacy and related problems. *European Journal of Dentistry*, 12(3), 459. https://doi.org/10.4103/ejd.ejd_56_18
- Divia, A. R., Nair, M. G., Varughese, J. M., & Kurien, S. (2018). A comparative evaluation of Morinda citrifolia, green tea polyphenols, and Triphala with 5% sodium hypochlorite as an endodontic irrigant against Enterococcus faecalis: An in vitro study. *Dental Research Journal*, 15(2), 117-122.
- Domingos Neris, C. W., Franzoni Arruda, M., Mageste Duque, T., Domingos Neris, C. K., & Sayuri Narimatsu Galindo, J. K. (2015). O hipoclorito de sódio e seus conceitos de aplicabilidade na endodontia. (portuguese). *the sodium hypochlorite and its applicability concepts in endodontics. (English)*, 24(3), 95.
- Esteves, D. L. S., & Froes, J. A. V. (2013). Soluções Irrigadoras em Endodontia - Revisão de Literatura. *Arquivo Brasileiro de Odontologia*, 9(2), 48-53.
- Ferreira, M., Simões, R., & Carrilho, E. (2014). Remoção de hidróxido de cálcio dos canais radiculares: irrigação convencional vs sônica. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 55(2), 97-101. <https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2014.01.004>
- Froughreyhani, M., Salemmilani, A., Mozafari, A., & Hosein-Soroush, M. (2018). Effect of electric currents on antibacterial effect of chlorhexidine against Entrococcus faecalis biofilm: An in vitro study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 10(12), e1223-e1229. <https://doi.org/10.4317/jced.55369>
- Gatelli, G., & Bortolini, M. C. T. (2014). O uso da clorexidina como solução irrigadora em endodontia. *Revista uningá review*, 20(1). Consulté à l'adresse <http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/article/view/1555>
- Gesteira, M. D. F. M., Silva, S. J. A. da, Araújo, R. P. C. de, Lenzi, H., & Rocha, M. C. B. S. da. (2003). Ação do EDTA sobre a camada residual nos terços cervical, médio e apical do canal radicular. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, 2(2). <https://doi.org/10.9771/cmbio.v2i2.4288>
- Gomes, B. P. F. A., Vianna, M. E., Zaia, A. A., Almeida, J. F. A., Souza-Filho, F. J., Ferraz, C. C. R., ... Ferraz, C. C. R. (2013). Chlorhexidine in Endodontics. *Brazilian Dental Journal*, 24(2), 89-102. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201302188>
- Goode, N., Khan, S., Eid, A. A., Niu, L., Gosier, J., Susin, L. F., ... Tay, F. R. (2013). Wall shear stress effects of different endodontic irrigation techniques and systems. *Journal of Dentistry*, 41(7), 636-641. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.04.007>
- Gründling, G. L., Melo, T. A. F. de, Montagner, F., Scarparo, R. K., & Vier-Pelisser, F. V. (2015). QMix® irrigant reduces lipopolysaccharide (LPS) levels in an in vitro model. *Journal of Applied Oral Science*, 23(4), 431-435. <https://doi.org/10.1590/1678-775720140488>

- Gupta, J., Nikhil, V., & Jha, P. (2014). Corelation between Machines Assisted Endodontic Irrigant Agitation and Apical Extrusion of Debris and Irrigant: A Laboratory Study [Research article]. <https://doi.org/10.1155/2014/346184>
- Gusiyska, A., Gyulbenkiyan, E., Vasileva, R., Dyulgerova, E., & Mironova, J. (2016). Effective root canal irrigation - a key factor of endodontic treatment - Review of the literature. *IJRSR*, 7, 9962-9970.
- Haapasalo, M., Shen, Y., Qian, W., & Gao, Y. (2010). Irrigation in Endodontics. *Dental Clinics of North America*, 54(2), 291-312. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.001>
- Haapasalo, M., Wang, Z., Shen, Y., Curtis, A., Patel, P., & Khakpour, M. (2014). Tissue dissolution by a novel multisonic ultracleaning system and sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 40(8), 1178-1181. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.12.029>
- Hargreaves, K. M., & Berman, L. H. (2017). *Cohen Caminhos da Polpa*. Elsevier Brasil.
- Haupt, F., Meinel, M., Gunawardana, A., & Hülsmann, M. (2019). Effectiveness of different activated irrigation techniques on debris and smear layer removal from curved root canals: a SEM evaluation. *Australian Endodontic Journal*. <https://doi.org/10.1111/aej.12342>
- İriboz, E., Bayraktar, K., Türkyaydın, D., & Tarçın, B. (2015). Comparison of Apical Extrusion of Sodium Hypochlorite Using 4 Different Root Canal Irrigation Techniques. *Journal of Endodontics*, 41(3), 380-384. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.11.003>
- Jacques Rezende Delgado, R., Helena Gasparoto, T., Renata Sipert, C., Ramos Pinheiro, C., Gomes de Moraes, I., Brandão Garcia, R., ... Bernardineli, N. (2013). Antimicrobial activity of calcium hydroxide and chlorhexidine on intratubular *Candida albicans*. *International Journal of Oral Science*, 5(1), 32-36. <https://doi.org/10.1038/ijos.2013.12>
- Jadhav, G. R., Mittal, P., Kulkarni, A., Syed, S., Bagul, R., Elahi, S., & Kalra, D. (2016). Comparative evaluation of canal cleaning ability of various rotary endodontic files in apical third: A scanning electron microscopic study. *Dental Research Journal*, 13(6), 508-514.
- Jimna, M. M., Ashwini, T. S., & Sowmya, H. K. (2017). Comparison and evaluation of two reciprocating root canal instruments on removal of smear layer by using two irrigants at apical one-third of the root canal-an ex vivo-scanning electron microscopic study. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 20(6), 451-458. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_374_16
- Kanter, V., Weldon, E., Nair, U., Varella, C., Kanter, K., Anusavice, K., & Pileggi, R. (2011). A quantitative and qualitative analysis of ultrasonic versus sonic endodontic systems on canal cleanliness and obturation. *Oral Surgery, Oral*

- Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 112(6), 809-813. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.06.002>
- Karade, P., Chopade, R., Patil, S., Hoshing, U., Rao, M., Rane, N., ... Kulkarni, A. (2017). Efficiency of Different Endodontic Irrigation and Activation Systems in Removal of the Smear Layer: A Scanning Electron Microscopy Study. *Iranian Endodontic Journal*, 12(4), 414-418. <https://doi.org/10.22037/iej.v12i4.9571>
- Kumar, Y., Lohar, J., Bhat, S., Bhati, M., Gandhi, A., & Mehta, A. (2016). Comparative evaluation of demineralization of radicular dentin with 17% ethylenediaminetetraacetic acid, 10% citric acid, and MTAD at different time intervals: An in vitro study. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 6(1), 44-48. <https://doi.org/10.4103/2231-0762.175412>
- Leonardo, R. de T., & Leonardo, M. R. (2012). Aspectos atuais do tratamento da infecção endodôntica. *Revista da Associacao Paulista de Cirurgioes Dentistas*, 66(3), 174-181.
- Llena, C., Cuesta, C., Forner, L., Mozo, S., & Segura, J. (2015). The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or 3% sodium hypochlorite in canal wall cleaning. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 7, e69-e73. <https://doi.org/10.4317/jced.52088>
- Mahant, R. (2014). *A Contemporary Overview of Endodontic Irrigants – A Review* (Vol. 1).
- Mahendra, A., Koul, M., Upadhyay, V., & Dwivedi, R. (2014). Comparative evaluation of antimicrobial substantivity of different concentrations of chlorhexidine as a root canal irrigant: An in vitro study. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 4(3), 181-185. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2014.11.005>
- Mancini, M., Cerroni, L., Iorio, L., Armellini, E., Conte, G., & Cianconi, L. (2013). Smear Layer Removal and Canal Cleanliness Using Different Irrigation Systems (EndoActivator, EndoVac, and Passive Ultrasonic Irrigation): Field Emission Scanning Electron Microscopic Evaluation in an In Vitro Study. *Journal of Endodontics*, 39(11), 1456-1460. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.07.028>
- Mello, I., Kammerer, B. A., Yoshimoto, D., Macedo, M. C. S., & Antoniazzi, J. H. (2010). Influence of Final Rinse Technique on Ability of Ethylenediaminetetraacetic Acid of Removing Smear Layer. *Journal of Endodontics*, 36(3), 512-514. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.11.004>
- Merino, A., Estevez, R., de Gregorio, C., & Cohenca, N. (2013). The effect of different taper preparations on the ability of sonic and passive ultrasonic irrigation to reach the working length in curved canals. *International Endodontic Journal*, 46(5), 427-433. <https://doi.org/10.1111/iej.12006>
- Metzger, Z. (2014). The self-adjusting file (SAF) system: An evidence-based update. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 17(5), 401-419. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.139820>

- Miranda, J. S., Marques, É. de A., Landa, F. V. de, Leite, A. P. P., & Leite, F. P. P. (201705). Efeito de três protocolos de irrigação final na remoção da smear layer do terço médio de dentes endodonticamente tratados: uma análise qualitativa. *Dent. press endod*, 7(2), 72-77.
- Mohammadi, Z., Jafarzadeh, H., Shalavi, S., & Palazzi, F. (2017). Recent Advances in Root Canal Disinfection: A Review. *Iranian Endodontic Journal*, 12(4), 402-406. <https://doi.org/10.22037/iej.v12i4.17935>
- Molina, B., Glickman, G., Vandrangi, P., & Khakpour, M. (2015). Evaluation of Root Canal Debridement of Human Molars Using the GentleWave System. *Journal of Endodontics*, 41(10), 1701-1705. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.06.018>
- Morago, A., Ordinola-Zapata, R., Ferrer-Luque, C. M., Baca, P., Ruiz-Linares, M., & Arias-Moliz, M. T. (2016). Influence of Smear Layer on the Antimicrobial Activity of a Sodium Hypochlorite/Etidronic Acid Irrigating Solution in Infected Dentin. *Journal of Endodontics*, 42(11), 1647-1650. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.07.023>
- Morago, A., Ruiz-Linares, M., Ferrer-Luque, C. M., Baca, P., Rodríguez Archilla, A., & Arias-Moliz, M. T. (2019). Dentine tubule disinfection by different irrigation protocols. *Microscopy Research and Technique*. <https://doi.org/10.1002/jemt.23200>
- Moreira, R. N., Pinto, E. B., Galo, R., Falci, S. G. M., & Mesquita, A. T. (2019). Passive ultrasonic irrigation in root canal: systematic review and meta-analysis. *Acta Odontologica Scandinavica*, 77(1), 55-60. <https://doi.org/10.1080/00016357.2018.1499960>
- Ndiaye, D., Diongue, K., Bane, K., Seck, A., Niang, S. O., Lèye Benoist, F., ... Touré, B. (2016). Étude de l'efficacité de l'hypochlorite de sodium à 2,5 %, de la chlorhexidine à 0,5 %, et de l'hydroxyde de calcium sur *Candida albicans*. *Journal de Mycologie Médicale*, 26(4), 317-322. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2016.04.006>
- Neuhaus, K. W., Liebi, M., Stauffacher, S., Eick, S., & Lussi, A. (2016). Antibacterial Efficacy of a New Sonic Irrigation Device for Root Canal Disinfection. *Journal of Endodontics*, 42(12), 1799-1803. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.08.024>
- Nogo-Živanović, D., Kanjevac, T., Bjelović, L., Ristić, V., & Tanasković, I. (2019). The effect of final irrigation with MTAD, QMix, and EDTA on smear layer removal and mineral content of root canal dentin. *Microscopy Research and Technique*, 82(6), 923-930. <https://doi.org/10.1002/jemt.23239>
- Olivi, G., Crippa, R., Iaria, G., Kaitsas, V., & Benedicenti, S. (2011). *Laser in endodontics (Part I)*. 4.
- Pacheco, J. M. (2017). Avaliação da citotoxicidade do extrato de semente de uva em cultura de células pulpare.

- Palma Almeida, A., Mageste Duque, T., & De Carvalho Marion, J. J. (2014). O USO DA CLOREXIDINA NA ENDODONTIA. (Portuguese). *THE USE OF CHLORHEXIDINE IN ENDODONTICS. (English)*, 20(2), 68.
- Piazza, B., & Vivan, R. R. (2017). O uso do laser e seus princípios em endodontia: revisão de literatura. *Salusvita*, 36(1), 205-221.
- Pinheiro. (s. d.). Antimicrobial efficacy of 2.5% sodium hypochlorite, 2% chlorhexidine, and ozonated water as irrigants in mesiobuccal root canals with severe curvature of mandibular molars. Consulté 1 avril 2019, à l'adresse <http://www.eurjdent.com/article.asp?issn=1305-7456;year=2018;volume=12;issue=1;spage=94;epage=99;aulast=Pinheiro>
- Pinheiro, S., da Silva, C., da Silva, L., Cicotti, M., da Silveira Bueno, C., Fontana, C., ... de Campos, F. (2018). Antimicrobial efficacy of 2.5% sodium hypochlorite, 2% chlorhexidine, and ozonated water as irrigants in mesiobuccal root canals with severe curvature of mandibular molars. *European Journal of Dentistry*, 12(1), 94. https://doi.org/10.4103/ejd.ejd_324_17
- Prado, M. do, Assis, D. F. de, & Simão, R. A. (2014). Efeito de diferentes soluções utilizadas como irrigante final na superfície dentinária: análise de rugosidade. *Revista de Odontologia da UNESP*, 43(1), 36-40. <https://doi.org/10.1590/S1807-25772014000100006>
- Pucinelli, C. M., Silva, L. A. B. da, Cohenca, N., Romualdo, P. C., Silva, R. A. B. da, Consolaro, A., ... Nelson Filho, P. (2017). Apical Negative Pressure irrigation presents tissue compatibility in immature teeth. *Journal of Applied Oral Science*, 25(6), 612-619. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2016-0599>
- Ramamoorthi, S., Nivedhitha, M. S., & Divyanand, M. J. (2015). Comparative evaluation of postoperative pain after using endodontic needle and EndoActivator during root canal irrigation: A randomised controlled trial. *Australian Endodontic Journal: The Journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, 41(2), 78-87. <https://doi.org/10.1111/aej.12076>
- Reza, B., Mohsen, H. S., Elham, F., Mina, N., Sara, N., & Ehsan, B. (2013). Evaluation of root canal smear layer removal by two types of lasers: A scanning electron microscopy study. *European Journal of General Dentistry*, 2(2), 151. <https://doi.org/10.4103/2278-9626.112317>
- Rodrigues, M. I. de Q., Frota, M. M. A., & Frota, L. M. A. (2016). *Uso da irrigação ultrassônica passiva como medida potenciadora na desinfecção do sistema de canais radiculares – revisão de literatura*. <https://doi.org/10.18363/rbo.v73n4.p.320>
- Sadegh, M., Sohrabi, H., Kharazifard, M., & Afkhami, F. (2017). Effect of Smear Clear and Some Other Commonly Used Irrigants on dislodgement resistance of Mineral Trioxide Aggregate to Root Dentin. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 0-0. <https://doi.org/10.4317/jced.53411>

- Sahar-Helft, S., Sarp, A. S. K., Stabholtz, A., Gutkin, V., Redenski, I., & Steinberg, D. (2015). Comparison of Positive-Pressure, Passive Ultrasonic, and Laser-Activated Irrigations on Smear-Layer Removal from the Root Canal Surface. *Photomedicine and Laser Surgery*, 33(3), 129-135. <https://doi.org/10.1089/pho.2014.3788>
- Salgado, K. R. (2018). Influence of Irrigants and the use of Solvents During the Removal of Filling Materials in Root Canal Retreatment. *European Endodontic Journal*. <https://doi.org/10.14744/eej.2018.14632>
- Shon, W.-J. (2016). Introducing the GentleWave System. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 41(3), 235. <https://doi.org/10.5395/rde.2016.41.3.235>
- Silva, P. B., Krolow, A. M., Pilownic, K. J., Casarin, R. P., Lima, R. K. P., Leonardo, R. de T., & Pappen, F. G. (2016). Apical Extrusion of Debris and Irrigants Using Different Irrigation Needles. *Brazilian Dental Journal*, 27(2), 192-195. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201600382>
- Simon, S., & Pertot, P. M., Willy. (2015). *Endodontie - Editions CdP*. Initiatives Sante.
- Soares, R. G., Dagnese, C., Irala, L. E. D., Salles, A. A., & Limongi, O. (s. d.). *Injeção acidental de hipoclorito de sódio na região periapical durante tratamento endodôntico: Relato de caso Accidental injection of sodium hypochlorite in periapical region during endodontic treatment: Case report*. 5.
- Suman, S., Verma, P., Prakash-Tikku, A., Bains, R., & Kumar-Shakya, V. (2017). A Comparative Evaluation of Smear Layer Removal Using Apical Negative Pressure (EndoVac), Sonic Irrigation (EndoActivator) and Er:YAG laser -An In Vitro SEM Study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 0-0. <https://doi.org/10.4317/jced.53881>
- Taffarel, C., Bonatto, F. D., Bonfante, F. do C., Palhano, H. S., Vidal, C. de M. P., Cecchin, D., & Souza, M. A. (2019). Effect of chemical and natural irrigant solutions on microhardness of root dentin— an in vitro study. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, e18409-e18409. <https://doi.org/10.20396/bjos.v17i0.8654060>
- Torabinejad, M., Khademi, A. A., Babagoli, J., Cho, Y., Johnson, W. B., Bozhilov, K., ... Shabahang, S. (2003). A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of Endodontics*, 29(3), 170-175. <https://doi.org/10.1097/00004770-200303000-00002>
- Trinathtangutoori, C., Bhupindra, M., Rose, R., Eliezer, R., & Sharma, Y. (2018). *International Journal of Biomedical and Advance Research Self adjusting file system: A Review*. 9.
- Uzunoglu, E., Gorduysus, M., & Gorduysus, O. (2015). A comparison of different irrigation systems and gravitational effect on final extrusion of the irrigant. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, e218-e223. <https://doi.org/10.4317/jced.52158>
- Vallabhaneni, K., Kakarla, P., Avula, S. S. J., Reddy, N. V. G., Gowd, M. P., & Vardhan, K. R. (2017a). Comparative Analyses of Smear Layer Removal Using

- Four Different Irrigant Solutions in the Primary Root Canals – A Scanning Electron Microscopic Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 11(4), ZC64-ZC67. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/24163.9684>
- Van der Sluis, L. W. M., Versluis, M., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal*, 40(6), 415-426. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01243.x>
- Vivan, R. R., Duque, J. A., Alcalde, M. P., Só, M. V. R., Bramante, C. M., & Duarte, M. A. H. (2016). Evaluation of Different Passive Ultrasonic Irrigation Protocols on the Removal of Dentinal Debris from Artificial Grooves. *Brazilian Dental Journal*, 27(5), 568-572. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201600725>
- Wright, P., Kahler, B., & Walsh, L. (2017). Alkaline Sodium Hypochlorite Irrigant and Its Chemical Interactions. *Materials*, 10(10), 1147. <https://doi.org/10.3390/ma10101147>
- Yadav, P., Chaudhary, S., Saxena, R., Talwar, S., & Yadav, S. (2017). Evaluation of Antimicrobial and Antifungal efficacy of Chitosan as endodontic irrigant against Enterococcus Faecalis and Candida Albicans Biofilm formed on tooth substrate. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 0-0. <https://doi.org/10.4317/jced.53210>
- Yost, R. A., Bergeron, B. E., Kirkpatrick, T. C., Roberts, M. D., Roberts, H. W., Himel, V. T., & Sabey, K. A. (2015). Evaluation of 4 Different Irrigating Systems for Apical Extrusion of Sodium Hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 41(9), 1530-1534. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.05.007>
- Zhou, H., Li, Q., Wei, L., Huang, S., & Zhao, S. (2018). A comparative scanning electron microscopy evaluation of smear layer removal with chitosan and MTAD. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 21(1), 76-80. <https://doi.org/10.4103/1119-3077.224798>